
BACHELORARBEIT

Frau Dipl.-Kffr. (FH)
Steffi Reinhold

**Untersuchung der schall-
technischen Eigenschaften
eines Zuluft-Kastenfensters
in Abhängigkeit vom Luft-
durchsatz und von konstruk-
tiven Eigenschaften**

Mittweida, 2012

BACHELORARBEIT

Untersuchung der schall- technischen Eigenschaften eines Zuluft-Kastenfensters in Abhängigkeit vom Luft- durchsatz und von konstruk- tiven Eigenschaften

Autor:

Frau Dipl.-Kffr. (FH) Steffi Reinhold

Studiengang:

Physikalische Technik

Seminargruppe:

PT08wA-B

Erstprüfer:

Prof. Dr.-Ing. Jörn Hübelt

Zweitprüfer:

Dr. rer. nat. Detlef Schulz

Einreichung:

Mittweida, 24.02.2012

Verteidigung/Bewertung:

Mittweida, 2012

Bibliografische Beschreibung:

Reinhold, Steffi:

Untersuchung der schalltechnischen Eigenschaften eines Zuluft-Kastenfensters in Abhängigkeit vom Luftdurchsatz und von konstruktiven Eigenschaften. – 2012. – VI, 54, A-120 S.

Mittweida, Hochschule Mittweida, Fakultät Mathematik/Naturwissenschaften/Informatik, Bachelorarbeit, 2012

Referat:

Die vorliegende Arbeit befasst sich mit den schalltechnischen Eigenschaften eines Zuluft-Kastenfensters. Das Hauptziel ist die Untersuchung von schallmindernden Maßnahmen, wie Randbedämpfung des Kastens und zusätzliche Absorptionsschalldämpfer in Abhängigkeit eines ausreichenden Luftdurchsatzes. Es soll ein theoretisches Modell entwickelt werden, das Prognosen der Schalldämmung ermöglicht. Zusätzlich wird die mit dem Zuluft-Kastenfenster erreichbare Schalldämmung mit den geltenden Regelwerken und Normen für Fenster bewertet.

Inhalt

Inhalt	I
Abbildungsverzeichnis	III
Tabellenverzeichnis	IV
1 Einleitung	1
2 Aufgabenstellung	3
3 Fenster- und Verglasungsarten, Grundlagen	4
3.1 Allgemeines	4
3.2 Kastenfenster und Zuluft-Kastenfenster	6
3.2.1 Funktionsweise	6
3.2.2 Theoretische Grundlagen zur Schalldämmung von Kastenfenstern	8
4 Beschreibung des Prüfobjektes	13
5 Grundlagen der Messdurchführung	14
5.1 Normen und Richtlinien für die Messdurchführung	14
5.2 Beschreibung des Prüfverfahrens	14
5.3 Beschreibung des Prüfstandes	15
5.4 Bestimmung der Grenzschalldämmung des Prüfstandes	16
6 Schalltechnische Messungen	19
6.1 Messapparaturen und Betriebszustände des Prüfobjektes	19
6.2 Messergebnisse der schalltechnischen Untersuchungen	21
6.2.1 Prüfobjekt ohne/mit Randbedämpfung	21
6.2.2 Prüfobjekt mit zusätzlichen Absorptionsschalldämpfern	24
6.2.3 Prüfobjekt mit Jalousie als Sonnenschutzmaßnahme im Zwischenraum	25
6.2.4 Prüfobjekt in Abhängigkeit von verschiedenen Luftdurchsätzen	26

7	Diskussion der Messergebnisse	30
7.1	Allgemeines.....	30
7.2	Untersuchung von Randbedämpfungsmaßnahmen.....	33
7.2.1	Außenfenster allein (Zustände 1 und 2 des Prüfobjektes).....	33
7.2.2	Zuluft-Kastenfenster (Zustand 3 des Prüfobjektes)	33
7.2.3	Kastenfenster (Zustand 4 des Prüfobjektes).....	37
7.3	Untersuchung von zusätzlichen Absorptionsschalldämpfern	40
7.3.1	Außenfenster allein (Zustand 1 des Prüfobjektes)	40
7.3.2	Zuluft-Kastenfenster (Zustand 3 des Prüfobjektes)	41
7.4	Untersuchung einer Jalousie als Sonnenschutzmaßnahme im Zwischenraum	45
7.5	Untersuchung verschiedener Luftdurchsätze.....	46
8	Vergleich mit Anforderungen/Einsatzmöglichkeiten	47
9	Zusammenfassung und Ausblick.....	49
	Literatur	51
	Normen und Richtlinien	53
	Anlagen.....	54
	Anlagen, Teil 1 – Formelzeichen	A-1
	Anlagen, Teil 2 – Bilder/Zeichnungen des Prüfobjektes.....	A-4
	Anlagen, Teil 3 – Grundriss Empfangsraum	A-8
	Anlagen, Teil 4 – Absorber	A-9
	Anlagen, Teil 5 – Bau-Schalldämm-Kurvenblätter	A-14
	Anlagen, Teil 6 – Luftdurchsätze	A-86

Selbstständigkeitserklärung

Abbildungsverzeichnis

- Abbildung 3.1:** Auszug aus [1] Bauarten von Fenstern
- Abbildung 3.2:** Funktionsprinzip eines Zuluft-Kastenfensters, eines nicht durchströmtem Fensters und eines Abluftfensters (schematische Darstellung der Temperaturen (ϑ) und Wärmeströme (Φ)) [6]
- Abbildung 3.3:** Schallübertragungswege bei Fenstern [7] [8]
- Abbildung 3.4:** Absorptionsgrad poröser Schichten vor schallharter Wand [12]
- Abbildung 6.1:** Definition Jalousie-Lamellenneigungswinkel
- Abbildung 7.1:** Prinzipskizze der Hauptschallübertragungswege A und B durch das Zuluft-Kastenfenster
- Abbildung 7.2:** Multiplot der frequenzabhängigen Bau-Schalldämm-Maße R'_{45° des Zuluft-Kastenfensters (Normalbetrieb)
- Abbildung 7.3:** Multiplot der frequenzabhängigen Bau-Schalldämm-Maße R'_{45° des Kastenfensters (alle Lüftungsöffnungen zu)
- Abbildung 7.4:** Multiplot der frequenzabhängigen Bau-Schalldämm-Maße R'_{45° des Außenfensters allein (Lüftungsöffnung auf)
- Abbildung 7.5:** Multiplot der frequenzabhängigen Bau-Schalldämm-Maße R'_{45° des Zuluft-Kastenfensters (Normalbetrieb)
- Abbildung 7.6:** Multiplot der frequenzabhängigen Bau-Schalldämm-Maße R'_{45° des Zuluft-Kastenfensters (Normalbetrieb)

Tabellenverzeichnis

Tabelle 3.1: Verglasungsarten

Tabelle 5.1: Wand-, Decken- und Fußbodenaufbau – Empfangsraum (EG)

Tabelle 5.2: Möbel – Empfangsraum (EG)

Tabelle 6.1: Komponenten der Messapparatur und deren Bezeichnungen

Tabelle 6.2: Definition der einzelnen Betriebszustände des Prüfobjektes

Tabelle 6.3: Messergebnisse ohne/mit Randbedämpfung für das Außenfenster allein (Lüftungsöffnung auf)

Tabelle 6.4: Messergebnisse ohne/mit Randbedämpfung für das Außenfenster allein (Lüftungsöffnung zu)

Tabelle 6.5: Messergebnisse ohne/mit Randbedämpfung für das Zuluft-Kastenfenster (Normalbetrieb)

Tabelle 6.6: Messergebnisse ohne/mit Randbedämpfung für das Kastenfenster (alle Lüftungsöffnungen zu)

Tabelle 6.7: Messergebnisse mit zusätzlichem Absorptionsschalldämpfer für das Außenfenster allein (Lüftungsöffnung auf) und das Zuluft-Kastenfenster (Normalbetrieb)

Tabelle 6.8: Messergebnisse mit Jalousie als Sonnenschutzmaßnahme im Zwischenraum für das Zuluft-Kastenfenster (Normalbetrieb)

Tabelle 6.9: Messergebnisse ohne Randbedämpfung und mit Abluftanlage in Schalterstellungen 1, 3 und 5 für das Zuluft-Kastenfenster (Normalbetrieb)

Tabelle 6.10: Messergebnisse mit Randbedämpfung (Dicke 1,5 cm) an beiden Seiten, oben und unten im Kasten sowie mit Abluftanlage in Schalterstellungen 1, 3 und 5 für das Zuluft-Kastenfenster (Normalbetrieb)

Tabelle 6.11: Messergebnisse ohne Randbedämpfung sowie mit Blower-Door-Ventilator in Regelstufen 1 bis 12 für das Zuluft-Kastenfenster (Normalbetrieb)

Tabelle 6.12: Messergebnisse mit Randbedämpfung (Dicke 1,5 cm) an beiden Seiten, oben und unten im Kasten sowie mit Blower-Door-Ventilator in Regelstufen 1 bis 12 für das Zuluft-Kastenfenster (Normalbetrieb)

- Tabelle 7.1:** Durchgangsdämpfung D_L des Kastens ohne/mit Randbedämpfung (Tabelle 6.5)
- Tabelle 7.2:** Korrigiertes bewertetes Schalldämm-Maß $R'_{w,R,A}$ des Kastenfensters ohne Randbedämpfung für den Schallübertragungsweg A
- Tabelle 7.3:** Bewertetes Schalldämm-Maß $R'_{w,R,B}$ des Kastens ohne Randbedämpfung für den Schallübertragungsweg B
- Tabelle 7.4:** Resultierende bewertete Schalldämm-Maße $R'_{w,R,res}$ des Zuluft-Kastenfensters ohne/mit Randbedämpfung der Schallübertragungswege A und B
- Tabelle 7.5:** Vergleich resultierende bewertete Schalldämm-Maße $R'_{w,R,res}$ und bewertete Bau-Schalldämm-Maße $R'_{45^\circ,w}$ des Zuluft-Kastenfensters ohne/mit Randbedämpfung
- Tabelle 7.6:** Korrigierte bewertete Schalldämm-Maße $R'_{w,R,2}$ des Kastenfensters ohne/mit Randbedämpfung
- Tabelle 7.7:** Vergleich korrigierte bewertete Schalldämm-Maße $R'_{w,R,2}$ und berechnete bewertete Schalldämm-Maße R_w des Kastenfensters ohne/mit Randbedämpfung
- Tabelle 7.8:** Bewertetes Schalldämm-Maß $R'_{w,R,B}$ des Außenfensters mit zusätzlichem Absorptionsschalldämpfer
- Tabelle 7.9:** Korrigierte bewertete Schalldämm-Maße $R'_{w,R,A}$ des Kastenfensters ohne Randbedämpfung und/oder zusätzlich abgedichtetem Innenfenster für den Schallübertragungsweg A
- Tabelle 7.10:** Korrigiertes bewertetes Bau-Schalldämm-Maß $R'_{45^\circ,w}$ des Zuluft-Kastenfensters mit zusätzlichem äußeren und inneren Absorptionsschalldämpfer
- Tabelle 7.11:** Bewertete Schalldämm-Maße $R'_{w,R,B}$ des Kastens ohne Randbedämpfung und/oder zusätzlich abgedichtetem Innenfenster für den Schallübertragungsweg B
- Tabelle 7.12:** Resultierende bewertete Schalldämm-Maße $R'_{w,R,res}$ des Zuluft-Kastenfensters mit zusätzlichem äußeren und/oder inneren Absorptionsschalldämpfer
- Tabelle 7.13:** Vergleich resultierende bewertete Schalldämm-Maße $R'_{w,R,res}$ und bewertete Bau-Schalldämm-Maße $R'_{45^\circ,w}$ mit zusätzlichem äußeren oder inneren Absorptionsschalldämpfer

Tabelle 7.14: Vergleich resultierendes bewertetes Schalldämm-Maß $R'_{w,R,res}$ und korrigiertes bewertetes Bau-Schalldämm-Maß $R'_{45^\circ,w}$ mit zusätzlichem äußeren und inneren Absorptionsschalldämpfer

Tabelle 8.1: Definition der Schallschutzklassen von Fenstern (VDI 2719 [21] – Seite 5, Tabelle 2)

Tabelle 8.2: Einteilung des Prüfobjektes in die Schallschutzklassen nach VDI 2719 [21]

Tabelle 9.1: Schalldämmung und Luftdurchsatz des Prüfobjektes in unterschiedlichen Betriebszuständen sowie deren Schallschutzklassen

1 Einleitung

Bei Außenbauteilen von Gebäuden nehmen Fenster eine Sonderstellung ein. Einerseits stellen sie bezüglich der Energierückhaltung (Wärmedämmung) und der Abwehr gegen Außenlärm (Schalldämmung) die größte Schwachstelle eines Gebäudes dar, und andererseits müssen sie von allen Bauteilen die meisten Funktionen erfüllen. Das sind neben den gerade genannten die Versorgung der Räume mit Tageslicht und Frischluft, die Herstellung des Blickkontaktes nach außen, Einbruchschutz etc., und sie sind auch ein wesentliches Element architektonischer Gestaltung.

Die Entwicklung unserer heutigen Fenster wird zum einen durch die gesetzlichen Bestimmungen zum Klimaschutz, insbesondere die Energieeinsparverordnungen (EnEV), geprägt und zum anderen durch ein ständig wachsendes Ruhebedürfnis, maßgeblich beeinflusst durch zunehmende Außenlärmbelastungen. Daraus folgt, dass die schalltechnischen Anforderungen an die Schalldämmung der Außenbauteile ebenfalls steigen.

Beiden Tendenzen und Anforderungen sind gemeinsam, dass die zurzeit noch oft praktizierte Fensterlüftung zur Frischluftversorgung der Räume inakzeptabel ist. Sie ist mit hohen Energieverlusten, einer unkontrollierten Luftversorgung und einer dramatischen Verschlechterung der Schalldämmung verbunden. Bei gekippten oder spaltweise geöffneten Fenstern ist selbst, wenn diese hochschalldämmende Verglasungen besitzen, nur noch eine Schalldämmung von höchstens 15 dB erreichbar [20].

Zentrale Lüftungsanlagen kommen zumindest im Wohnungsbau aus Kostengründen noch nicht nennenswert zum Einsatz, so dass in zunehmendem Maße immer mehr innovative Konstruktionslösungen bei Fenstern interessant werden, bei denen versucht wird, allen Anforderungen, insbesondere den energetischen, optimal gerecht zu werden. Dieses sind z.B. der Einbau von hochwärmedämmenden Verglasungen und die Verbesserung der Dichtheit der Fenster einerseits sowie der zusätzliche Einbau von dezentralen lüftungstechnischen Einrichtungen, teilweise mit Wärmerückgewinnung, andererseits, um die aus hygienischen und bautenschutztechnischen Gründen erforderlichen Mindestluftwechsel zu gewährleisten. Auch diese Lösungen sind zum Teil mit spürbaren Mehrkosten verbunden und technisch aufwändig und anspruchsvoll.

Einen alternativen Ansatz stellen sogenannte Zuluft-Kastenfenster dar. Bei diesen Fenstern wird versucht, ohne zusätzlichen apparativen Aufwand am Fenster ein Optimum der energetischen und lüftungstechnischen Eigenschaften herbeizuführen. Um einen stabilen und weitgehend von den äußeren Bedingungen unabhängigen Zuluftstrom dieser Fenster zu erreichen, bedürfen sie allerdings einer einfachen Abluftanlage im Gebäude. Eine Abluftanlage ist oft aus anderen Gründen, wie z.B. innenliegende Sanitär- und Küchenbereiche, ohnehin erforderlich.

Allerdings besitzen Fenster mit integrierten Lüftungselementen den Nachteil, dass sie im geöffneten Zustand der Lüftungsschlitze eine schalltechnische Verschlechterung bewirken. Dieses gilt speziell für Einfachfenster mit hochschalldämmender Verglasung und das Zuluft-Kastenfenster in einfacher Normalausstattung.

Die vorliegende Bachelorarbeit untersucht die schalltechnischen Eigenschaften eines Zuluft-Kastenfensters in Abhängigkeit von konstruktiven und funktionalen Einflüssen. Es soll gezeigt werden, dass dieses Fenster, das unter anderem eine Frischluftversorgung des Gebäudes in energetisch günstiger Form durch Wärmerückgewinnung gewährleistet, den Anforderungen und den Ansprüchen an einen guten Schallschutz ebenfalls gerecht werden kann.

2 Aufgabenstellung

Die Bachelorarbeit befasst sich mit der Untersuchung der schalltechnischen Eigenschaften eines Zuluft-Kastenfensters. Dabei werden die Abhängigkeiten vom Luftdurchsatz und den konstruktiven Gegebenheiten des Fensterelementes betrachtet. Es werden hierzu schalltechnische Messungen ausgeführt, um in einem ersten Schritt die Schalldämmung der äußeren Fensterebene allein, des Zuluft-Kastenfensters im einfachen Normalzustand und des nicht durchströmten Kastenfensters in den verschiedenen Betriebszuständen zu ermitteln.

In einem zweiten Schritt soll der Einfluss zusätzlicher an dem Zuluft-Kastenfenster und an der äußeren Verglasungsebene angeordneter schallabsorbierender Maßnahmen (Randbedämpfung, Schalldämpfer) auf die erreichbare Schalldämmung untersucht werden. Außerdem wird die Abhängigkeit der Schalldämmung vom Luftdurchsatz durch das Zuluft-Kastenfenster geprüft.

Die Messergebnisse sind mit theoretischen Ansätzen der Schalldämmung abzugleichen, und es sollen gegebenenfalls Möglichkeiten zur Beschreibung der verschiedenen Einflüsse diskutiert werden. Eine Bewertung der Messergebnisse findet auch dahingehend statt, inwiefern die untersuchten schalltechnischen Optimierungsmaßnahmen sinnvoll und praxistauglich sind. Abschließend werden die Messergebnisse mit den schalltechnischen Anforderungen und Empfehlungen der Regelwerke DIN 4109 [15] und VDI 2719 [20] verglichen, um einen Eindruck zu bekommen, welche Anforderungen ohne und mit akustischen Maßnahmen erzielt werden können.

3 Fenster- und Verglasungsarten, Grundlagen

3.1 Allgemeines

Heutige Fenster unterteilen sich in verschiedene Grundbauarten (Abbildung 3.1), die sich im Laufe der bautechnischen Entwicklung in Deutschland behauptet haben.

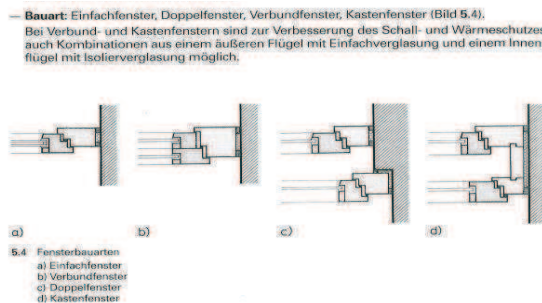


Abbildung 3.1: Auszug aus [1] Bauarten von Fenstern

Die Unterscheidung der Fensterarten laut Königstein [2] basiert auf der Rahmenbauart. Das Einfachfenster besteht aus einem ein- oder mehrteiligen Flügelrahmen, welcher heute aus energetischer Sicht mit Zwei- oder Mehrscheibenisolierverglasung ausgestattet ist. Einfachfenster mit einer Einfachverglasung sind nach geltenden Vorschriften heute nicht mehr in beheizbaren Räumen einsetzbar [2]. Einen Überblick über die verschiedenen Verglasungsarten gibt die Tabelle 3.1.

Einen miteinander verbundenen Außen- und Innenflügel mit einem charakteristischen Scheibenabstand von 40 bis 70 mm hat der Flügelrahmen des Verbundfensters. Früher mit zwei Einfachverglasungen versehen, erweist es sich heute als energetisch vorteilhaft, für das Außenfenster eine Zweischeibenisolierverglasung und für das Innenfenster eine Einfachverglasung (oder umgekehrt bei denkmalgeschützten Gebäuden) zu verwenden [2].

Bei Doppelfenstern ist die Fensteröffnung mit zwei voneinander getrennten Fensterrahmen, die nacheinander geöffnet werden, geschlossen. Der Abstand der Rahmen ist von den Anschlägen der Rohbauöffnung abhängig. Sie bestehen oftmals aus zwei Einfachverglasungsebenen [2].

Das Kastenfenster ist eine Weiterentwicklung des Doppelfensters. Es besteht aus zwei getrennten Flügeln mit einem Abstand von meistens 10 bis 15 cm, die durch ein umlaufendes Futter verbunden sind. Die Flügel werden wie beim Doppelfenster nacheinander geöffnet [2]. Moderne Kastenfenster werden aus energetischen Aspekten heutzutage mit einer inneren, luftdichten Verglasungsebene mit Isolierverglasungen und einer äußeren, weniger dichten Verglasungsebene mit Einfachverglasungen ausgeführt. Sie finden hauptsächlich in historischen Gebäuden aus denkmalschutztechnischen Gründen Anwendung.

Das Einfachfenster ist aufgrund der wenig aufwändigen Konstruktionsart, des einfachen Einbaus, des geringen Platzbedarfs und der vergleichsweise geringen Kosten die am häufigsten verwendete Fensterart. Bei der Erhaltung und Sanierung historischer Gebäude haben sich die Verbund-, Doppel- und Kastenfenster bewährt, da nur bei diesen Fensterarten die original maßstäblichen Sprossen durch die Verwendung von Einfachverglasungen möglich sind. Zudem kommt ein weiterer günstiger Effekt diesen Konstruktionen zu Gute, indem hier höhere Schalldämmwerte erzielt werden können [2].

Tabelle 3.1: Verglasungsarten

Nr.	Verglasungsarten	Bemerkungen
1	Einfachverglasungen	Diese Verglasung kann aus einer einfachen Floatglasscheibe, einem Einscheibensicherheitsglas (ESG) oder einem Verbundsicherheitsglas (VSG) bestehen. ESG und VSG sind bis ca. 6 mm in ihren schalltechnischen Eigenschaften gleichzusetzen. Erst bei größeren Scheibendicken verbessert sich das bewertete Schalldämm-Maß R_w der VSG gegenüber gleichdicken Normalgläsern. Die Koinzidenzgrenzfrequenz der Scheibe verschiebt sich bei VSG zudem zu höheren Frequenzen hin [3].
2	Zweischeibenisolierverglasungen	Diese Verglasung besteht aus zwei Verglasungsebenen in einem definierten Abstand. Dieser ist dabei konstruktiv bedingt. Zweischeibenisolierverglasungen bestehen z.B. aus Floatglasscheiben, Scheiben aus ESG und VSG bzw. können beliebig miteinander kombiniert werden. Der Scheibenabstand wird dabei durch einen abgedichteten Scheibenrandverbund gewährleistet, der den sich zwischen den Scheiben befindlichen Hohlraum verschließt. Der Hohlraum ist dabei entweder mit Luft, Argon, Krypton oder anderen Gasen gefüllt. Diese dienen unter bestimmten Voraussetzungen der Verbesserung der schalltechnischen und energetischen Eigenschaften. Eine spürbare Verbesserung der Schalldämmung der Zweischeibenisolierverglasung gegenüber der Einfachverglasung tritt erst bei einem Scheibenabstand von mehr als 16 mm ein. Weiterhin sollte mindestens eine Scheibe eine Dicke aufweisen, die größer als 6 mm ist. Der Einsatz von unterschiedlich dicken Scheiben wirkt sich ebenfalls positiv auf die Schalldämmung aus, da die einzelnen Scheiben voneinander abweichende Koinzidenzgrenzfrequenzen besitzen [3].
3	Mehrscheibenisolierverglasungen	Die unter Nr. 2 aufgeführten Verglasungen können auch mit mehr als zwei Verglasungsebenen und mindestens zwei Zwischenräumen ausgeführt werden. Für eine erhöhte Wärmedämmung ist die Mittellage einer dritten Verglasungsebene die günstigste Anordnung. Akustisch ist die Dreifachverglasung ungünstiger, wenn die Zweifachverglasung die gleiche Gesamtglasdicke und den gleichen Gesamtscheibenabstand aufweist. Die Forderung nach großen möglichst unterschiedlichen Scheibendicken und Scheibenabständen gilt auch hier für eine gute Schalldämmung wie bei der Zweischeibenisolierverglasung [4].

3.2 Kastenfenster und Zuluft-Kastenfenster

3.2.1 Funktionsweise

Doppel- und Kastenfenster wurden zur Verbesserung der Dichtheit sowie des Wärme- und Schallschutzes von einfachverglasten Einfachfenstern entwickelt als es noch keine modernen Isolierverglasungen und Dichtmaterialien gab. Kastenfenster sind dabei eine Weiterentwicklung der Doppelfenster, um das Problem des zweiten Anschlages zu lösen. Sie bestanden üblicherweise aus zwei einfachverglasten Fensterebenen mit gesonderten Rahmen, die mit umlaufenden Futterhölzern (Kasten) miteinander verbunden waren (Abbildung 3.1). Der Abstand der beiden Fensterebenen ist meist größer als 10 cm. Damit war es insbesondere möglich, Zugserscheinungen, bedingt durch Windbeaufschlagung, zu reduzieren. Der geringere Wärmeverlust durch Transmission stand wahrscheinlich zu Beginn dieser Fensterentwicklung nicht im Vordergrund, sondern war eine nützliche Begleiterscheinung, ebenso die guten schalltechnischen Eigenschaften der Kastenfenster. Vor allem die bessere Schalldämmung im tieffrequenten Bereich durch den großen Scheibenabstand gegenüber Einfachfenstern wird heute häufig bei hohen Verkehrslärmbelastungen genutzt.

Moderne Kastenfenster werden aus energetischen Aspekten heutzutage meist mit einer inneren, möglichst luftdichten Verglasungsebene mit Isolierverglasung und einer äußeren, weniger dichten Verglasungsebene aus einfachem Floatglas, ESG oder VSG ausgeführt. Sie finden hauptsächlich in historischen Gebäuden aus denkmalpflegerischen Gründen Anwendung. Die zunehmende Verschärfung der energetischen Anforderungen an die Gebäudehülle und die Sicherung des bautenschutztechnischen bzw. hygienischen Mindestluftstromes legt in Bezug auf die Kastenfenster eine neue Betrachtungsweise nahe. Anstatt die erforderliche Zuluft über aufwändige Lüftungsanlagen bzw. gesonderte Zuluftelemente zu führen und gegebenenfalls vorzuheizen, um Behaglichkeitskriterien zu erfüllen, stellen Zuluft-Kastenfenster eine einfache Alternative bei Vorhandensein einer Abluftanlage dar. Da sich jedoch bei ungünstigen Wind- und Druckverhältnissen die Strömungsrichtung im Fenster auch umkehren kann und dann warme Raumluft durch das Fenster abströmt – es handelt sich dann um ein Abluftfenster (Abbildung 3.2) –, ist die Anordnung der Isolierglasebene außen erforderlich, um die Tauwasserbildung auf dieser Fensterebene zu verhindern.

Am Fußpunkt der äußeren Verglasungsebene strömt kalte Außenluft durch eine schlitzförmige Öffnung in den Hohlraum des Zuluft-Kastenfensters ein und tritt durch eine weitere Öffnung am oberen Ende der inneren Verglasungsebene in den Raum ein (Abbildung 3.2). Beim Durchströmen des Luftspaltes zwischen den beiden Fensterebenen wird die Luft durch den Wärmeübergang an der inneren Scheibe aufgewärmt, womit ein Teil des Energieverlustes an der inneren Scheibe zurückgeführt wird. Hierbei findet praktisch eine Energierückgewinnung statt. Petzold [5] sowie Gronau; Helbig [6] u.a. haben die energetischen, thermischen und hydraulischen Effekte an Zuluftfenstern ausführlich beschrieben. In dem Schlussbericht „Entwicklung des Prototypes eines Zuluftfensters für den Einsatz in Verbindung mit Abluftanlagen, insbesondere bei der Sanierung von mehrgeschossigen Mietwohngebäuden“ von Gronau; Helbig [6] wurde auch der messtechnische Nachweis hierfür erbracht.

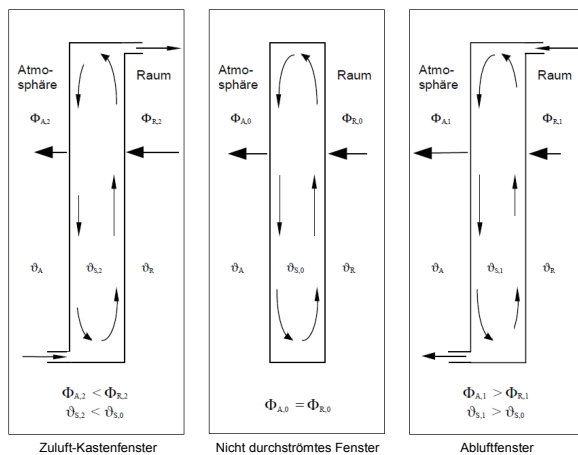


Abbildung 3.2: Funktionsprinzip eines Zuluft-Kastenfensters, eines nicht durchströmten Fensters und eines Abluftfensters (schematische Darstellung der Temperaturen (ϑ) und Wärmeströme (Φ)) [6]

Bei herkömmlichen Kastenfenstern kann die Schalldämmung mit einem Rechenansatz von Gösele; Schüle; Künzel [7] gut beschrieben werden. Sie deckt sich in den meisten Fällen auch mit den in der Praxis ermittelten Messergebnissen an solchen Fenstern. Inwieweit dieser Ansatz auf das hier betrachtete Zuluft-Kastenfenster anwendbar ist, soll diese Bachelorarbeit untersuchen. Dazu wird im nachfolgenden Abschnitt dieser theoretische Ansatz zusammen mit weiteren schalltechnischen Einflussgrößen für Kastenfenster näher betrachtet.

3.2.2 Theoretische Grundlagen zur Schalldämmung von Kastenfenstern

Zum Verständnis der Schalldämmung an einem Fenster ist es wichtig, die Übertragungswege des Schalls am Fenster zu kennen. Diese sind exemplarisch für alle vorhandenen Fenstertypen allgemein an einem Einfachfenster in Abbildung 3.3 dargestellt. Auf die Besonderheiten, speziell auf die des in der vorliegenden Arbeit bezogenen Zuluft-Kastenfensters, wird in den folgenden Abschnitten eingegangen.

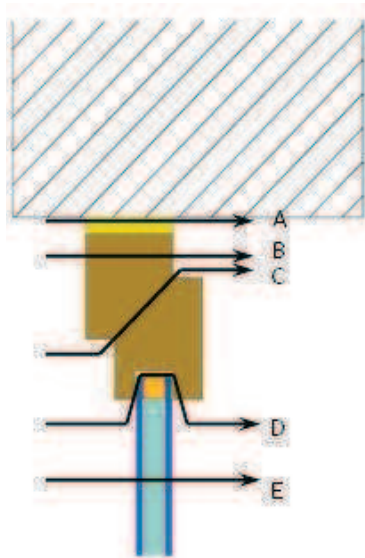


Abbildung 3.3: Schallübertragungswege bei Fenstern [7] [8]

- A: über die Anschlussfuge des Blendrahmens an den Baukörper
- B: über den Fensterrahmen
- C: über Fugenundichtheiten
- D: über den Hohlraum der Verglasung an der Einbindung in den Flügelrahmen
- E: über den Hohlraum der Verglasung

Laut Gösele; Schüle; Künzel [7] und Lühr u.a. [8] wurden für den Übertragungsweg E in der Vergangenheit Messungen an zwei Scheiben ohne Randverbindungen vorgenommen, bei denen die Scheibendicke und der Scheibenabstand variiert worden sind. Aus den daraus erhaltenen Messergebnissen konnten einfache Gesetzmäßigkeiten abgeleitet werden. Der Übertragungsweg D ist bei Kastenfenstern vernachlässigbar klein, so dass dieser nicht berücksichtigt werden muss. Bei dem verwendeten Zuluft-Kastenfenster ist der Übertragungsweg B als Körperschallübertragung ebenso vernachlässigbar, da der Rahmen des Außenfensters und das rahmenlose Innenfenster durch einige Fugen hinweg lose in Verbindung stehen, so dass eine relevante Körperschallübertragung nicht angenommen werden kann. Die Fugenundichtheiten, die mit dem Übertragungsweg C dargestellt sind, können heute auch ausgeschlossen werden, da auf dem Markt weichfederndes Dichtungsmaterial zur Verfügung steht. Diese weichfedernden Dichtungsmaterialien können z.B. doppelte Lippendichtungen sein, welche eine wesentliche Verbesserung der Schalldämmung bewirken. Bei einem fachgerechten Einbau dieser Dichtungen ist der Übertragungsweg über die Fugen ebenfalls vernachlässigbar [7] [8]. Einen nicht vernach-

lässigbaren Einfluss stellt jedoch der Übertragungsweg A dar. Hier ist insbesondere die Wahl des Fugenfüllstoffes (PUR-Schaum, Mineralfaserdämmstoff etc.) ein ausschlaggebendes Kriterium. Bei fachgerechter Ausführung dieses Anschlussdetails kann dieser Einfluss erheblich reduziert werden. Dabei ist anzumerken, dass bei Kastenfenstern wegen der Fugentiefe dieser Einfluss geringer ausfällt als dieses bei normalen Fenstern der Fall ist. Bei Schalldämm-Maßen von Fenstern größer als 37 dB sollte generell aus schalltechnischen Gründen ein Mineralfaserdämmstoff in der Fuge zwischen Blendrahmen bzw. Kasten und Baukörper verwendet werden.

Lühr u.a. [8] geben eine Möglichkeit (Seite 141, Tabelle 2) für die Berechnung der Schallübertragung bei Kastenfenstern an. Danach sind für ein Kastenfenster die Verglasungsstärken und der Abstand der Verglasungsebene als maßgebende Einflüsse zu berücksichtigen, Gleichung (1).

Es ist bei der Gleichung (1) allerdings zu beachten, dass diese theoretisch vom Ansatz der Schalldämmung von doppelschaligen Wänden ohne feste Verbindungen und mit gedämpftem Hohlraum (z.B. Mineralwolle) abgeleitet worden ist und speziell auf Fenster abgestimmt wurde. Die daraus entstandene Gleichung (1) für eine Berechnung des bewerteten Schalldämm-Maßes R_w eines Kastenfensters basiert sowohl auf theoretischen Überlegungen als auch auf zahlreichen Messergebnissen sowie auf der empirischen Anpassung an diese [7] [8]. Weitere Untersuchungen, die von Lühr u.a. [8] vorgenommen wurden, belegen, dass es zu maximalen Abweichungen von ± 2 dB zwischen den bewerteten Schalldämm-Maßen R_w aus der Berechnung mit Gleichung (1) und aus der Messung bei der Verwendung von Kastenfenstern mit zwei Einzelscheiben kommt. Besteht die äußere Scheibe aus einer Isolierverglasung bei einem Kastenfenster, kann die Gleichung (1) nicht mehr ohne Weiteres angewendet werden. Vereinfachend kann aber die Isolierglasscheibe als Einfachglasscheibe mit der Gesamtdicke beider Scheiben angenommen werden. Aus messtechnischen Untersuchungen wurden im Mittel etwa 2 dB höher liegende Werte erzielt als mit der vereinfachten Annahme nach Gleichung (1) berechnet wurden [8].

Nach Gösele; Schüle; Künzel [7] und Lühr u.a. [8] wird eine Abschätzung des bewerteten Schalldämm-Maßes R_w für ein Kastenfenster mit folgender Gleichung (1) vorgenommen:

$$R_w = 10 \lg \frac{d_{GL1}}{d_0} \text{ dB} + 10 \lg \frac{d_{GL2}}{d_0} \text{ dB} + 15 \lg \frac{d_s}{d_0} \text{ dB} + 39 \text{ dB} \quad (1)$$

mit: d_{GL1} : Dicke der schwereren Scheibe in mm,
 d_{GL2} : Dicke der zweiten Scheibe in mm,
 d_s : Scheibenabstand in mm,
 d_0 : 10 mm (Bezugswert).

Die Lärmsituation und der damit verbundene Schalleinfall sind des Weiteren davon abhängig, wie ein Außenbauteil der Lärmquelle ausgesetzt ist. So kann es sich hier um einen gerichteten oder aber auch um einen streifenden Schalleinfall handeln. Die schlechteste Luftschalldämmung eines Bauteils liegt bei der sogenannten Koinzidenzgrenzfrequenz vor. Hier stimmt die Spurwellenlänge des Luftschalls mit der Länge der Biegewelle des Bauteils überein. In diesem Frequenzbereich kommt es zu einer Spuranpassung. Die Koinzidenzgrenzfrequenz tritt bei einem Schalleinfallswinkel von 90° zur Flächennormalen auf (streifender Schalleinfall). Neben dem Einfallswinkel des Schalls ist die Koinzidenzgrenzfrequenz von der Scheibendicke abhängig. Der auftretende Spuranpassungseffekt bei Fenstern betrifft den oberen Baufrequenzbereich [3] [9].

Im unteren bauakustisch interessierenden Frequenzbereich bereitet insbesondere die Resonanzfrequenz der Zwei- und Mehrscheibenisolierverglasung ein Problem, da diese ein Masse-Feder-System in mehrschaliger Bauweise darstellt [3]. Das bedeutet, dass bei dieser Verglasung infolge Kopplung der Scheiben (Masse) über das dazwischenliegende Luft- oder Gaspolster (Feder) bei der Resonanzfrequenz eine geringere Schalldämmung auftritt. Die Resonanzfrequenz wird mit zunehmendem Scheibenabstand zu tieferen Frequenzen verschoben [20].

Die Schalldämmung eines Zuluft-Kastenfensters wird weiterhin durch die eingebauten Lüftungselemente im Außen- und Innenfenster verschlechtert, so dass hierfür als gegenwirkende Maßnahme eine Randbedämpfung des Kastens, welcher insgesamt als Schalldämpfer ausgelegt ist, und/oder ein Schalldämpfer speziell nur für die Lüftungsschlitze Verwendung finden kann. Inwiefern eine Randbedämpfung im Kasten und/oder ein Schalldämpfer eine wirksame Schallschutzmaßnahme am Fenster bezüglich der Schalldämmung sein kann, ist in den Abschnitten 7.1 und 7.2 ausführlich beschrieben.

Es gibt unterschiedliche Arten von Schalldämpfern. Absorptions-, Relaxations- und Resonanzschalldämpfer besitzen die Funktion, den Luftschall bei seiner Ausbreitung in Kanälen stark zu vermindern, ohne dabei die Fortleitung strömender Medien wesentlich zu behindern. Reflexionsschalldämpfer beruhen auf der Wirkung, dass an Querschnittssprüngen Schallreflexionen auftreten [10]. In der vorliegenden Arbeit wird nur der Absorptionschalldämpfer näher beschrieben, da dieser für das Prüfobjekt lediglich zur Anwendung kommt.

Absorptionsschalldämpfer sind mit porösen Wandmaterialien (z.B. Mineralfaserwolle) ausgekleidet. Durch die Porosität des Absorbers kommt es zu Reibungsvorgängen beim Durchtritt der Schwingungsenergie in den Poren der Wandauskleidung des Schalldämpfers, so dass diese Energie in Wärmeenergie umgewandelt (Dissipation) wird. Diese Art der Schalldämpfer weist dickenabhängig ein breitbandiges, insbesondere im mittleren und hohen Frequenzbereich, gut absorbierendes Verhalten auf. Anpassung und Verlust eines porösen Absorbers mit endlicher Dicke vor einer schallharten Wand sind optimal, wenn die Bedingung $2 \leq \Xi d \sigma / Z_0 \leq 4$ (Ξ : Strömungswiderstand [materialspezifische Größe], d : Dicke des Absorptionsmaterials und σ : Porosität) eingehalten wird. Demnach muss für eine gute akustische Wirkung (α : Absorptionsgrad) ein Absorber zu tieferen Frequenzen hin einen geringen Strömungswiderstand oder eine große Schichtdicke aufweisen (Abbildung 3.4). Für die Auswahl des Absorbers muss demzufolge bekannt sein, bei welchen Frequenzen dieser wirksam sein soll bzw. muss, um im Vorfeld schon einen günstigen Strömungswiderstand und eine günstige Schichtdicke für den abzudeckenden Frequenzbereich des Absorbers zu wählen [11] [12].

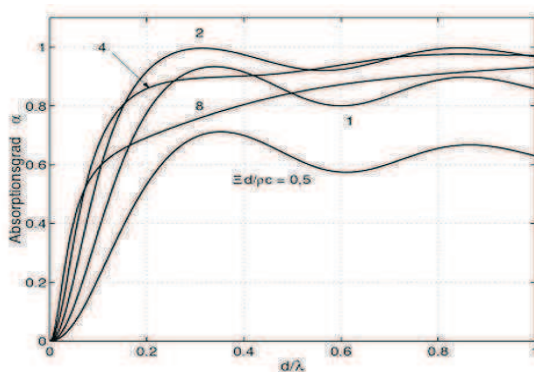


Abbildung 3.4: Absorptionsgrad poröser Schichten vor schallharter Wand [12]

Das Durchgangsdämm-Maß D_L eines Absorptionsschalldämpfers kann in guter Näherung nach Piening mit der folgenden Gleichung (2) berechnet werden:

$$D_L = 1,5 \frac{\alpha U L}{S} \text{ dB} \quad (2)$$

mit: α : Schallabsorptionsgrad der Wandauskleidung,
 U : Kanalumfang mit schallabsorbierender Wandauskleidung,
 L : Kanal- bzw. Schalldämpferlänge,
 S : freie Kanalquerschnittsfläche [11].

Bei Schalldämpfern allgemein spielt der Druckverlust eine wesentliche Rolle. Der Druckverlust bei Absorptionsschalldämpfern wird im Wesentlichen durch eine plötzliche Verengung und Erweiterung des Strömungsquerschnitts und die mit der Länge anwachsenden Reibungsverluste an der rauhen Oberfläche des Absorbers verursacht. Das bedeutet, dass eine geringe Schalldämpferlänge und wenige Umlenkungen des Luftstromes auch mit einem geringeren Druckverlust verbunden sind [9] [10]. Die Berechnung des Druckverlustes eines Absorptionsschalldämpfers wird in dieser Bachelorarbeit nicht behandelt. Da diese Problematik nicht zu unterschätzen ist, erfolgt hier eine messtechnische Überprüfung, ob eine ausreichende Luftwechselrate/Volumenstrom bei Verwendung eines Absorptionsschalldämpfers vorhanden ist.

4 Beschreibung des Prüfobjektes

Das Prüfobjekt (Zuluft-Kastenfenster) wurde im September/Okttober 2011 durch eine Fenster- und Fassadenbaufirma in der Nordseite eines Einfamilienhauses im Erdgeschoss (EG) eingebaut. Es besteht aus einer Holzrahmenkonstruktion mit einer Doppelverglasung (8,8 mm VSG, 12 mm Scheibenzwischenraum (SZR), 4 mm Floatglas) an der Außenseite. Auf der Innenseite befindet sich eine rahmenlose Einfachverglasung (6 mm ESG). Der Hohlraum zwischen der Rahmenkonstruktion mit Doppelverglasung und der rahmenlosen Einfachverglasung hat eine Tiefe von 15 cm. Die einzelnen Elemente und deren genauen Bezeichnungen des eingebauten Zuluft-Kastenfensters als Prüfobjekt sind in der Anlage, Teil 2 – Bilder/Zeichnungen des Prüfobjektes, aufgeführt. Der Einbau des Außenfensters erfolgte mit Mineralfasermaterial (dicht gestopft bis Mitte Kasten) zum Mauerwerk. Die innere Kastenkonstruktion des Zuluft-Kastenfensters wurde mit einem Schallschutzschaum ausgeschäumt, um den Kasten zu fixieren.

Die flächenbezogene Masse beträgt für das Außenfenster bei der 8,8 mm dicken VSG ca. 22 kg/m² und bei der 4 mm dicken Floatverglasung ca. 10,0 kg/m² sowie für das Innenfenster bei der 6 mm dicken ESG ca. 15,0 kg/m². Für die Rahmenkonstruktion aus Holz (Eiche) ergibt sich eine flächenbezogene Masse von ca. 54,6 kg/m² bei einer Dicke von 78 mm. Die flächenbezogene Masse des Holzkastens mit einer Dicke von 20 mm, welche das Innenfenster vom Außenfenster trennt, beträgt ca. 14,0 kg/m². Der Kasten ist nicht mit der Wand verschraubt. Der genaue Prüfaufbau ist der Anlage, Teil 2 – Bilder/Zeichnungen des Prüfobjektes, zu entnehmen.

5 Grundlagen der Messdurchführung

5.1 Normen und Richtlinien für die Messdurchführung

Die Messungen der Schalldämmung des Fensters und der Fassade wurden nach der DIN EN ISO 140 Teil 5 [18] durchgeführt. Die Nachhallzeit wurde nach DIN EN ISO 354 [19] messtechnisch ermittelt.

5.2 Beschreibung des Prüfverfahrens

Die Luftschalldämmung wurde nach DIN EN ISO 140 Teil 5 [18] ermittelt. Zur Anwendung ist das Bauteillautsprecherverfahren gekommen. Der Prüfschall wurde auf der Sendeseite (Außenbereich vor dem Gebäude) mit Rosa Breitbandrauschen durch einen Lautsprecher abgestrahlt, der in einem Schalleinfallswinkel von 45° zur Prüffläche aufgestellt wurde. Die Schallfelder im Freien (Sendeseite) wurden an fünf unterschiedlichen Positionen aufgenommen. Der Schalldruckpegel auf der Sendeseite wurde im Nahfeld direkt (Abstand ca. 7 mm vor der Verglasung entsprechend DIN EN ISO 140-5 [18]) an der Prüffläche des Zuluft-Kastenfensters gemessen. Im Empfangsraum wurden die Schallfelder ebenfalls mit fünf unterschiedlichen Mikrofonpositionen aufgenommen. Die Schalldruckpegel wurden gleichzeitig in Terzbandbreite von 50 – 5000 Hz gemessen. Aus ihrer Differenz ergibt sich unter Berücksichtigung von Prüffläche und Absorption im Empfangsraum das frequenzabhängige Bau-Schalldämm-Maß R'_{45° des Außenbauteils (Zuluft-Kastenfenster):

$$R'_{45^\circ} = L_{1,s} - L_2 + 10 \lg \left(\frac{S}{A} \right) \text{ dB} - 1,5 \text{ dB} \quad (3)$$

- mit: $L_{1,s}$: mittlerer Schalldruckpegel direkt (Abstand maximal 10 mm vor der Verglasung) an der Fläche des Prüfobjektes (Nahfeld),
 L_2 : mittlerer Schalldruckpegel im Empfangsraum,
 S : Flächeninhalt des Prüfobjektes,
 A : äquivalente Schallabsorptionsfläche im Empfangsraum [18].

Hierbei wird die äquivalente Absorptionsfläche A aus einer Nachhallzeitmessung (DIN EN ISO 354 [19]) gewonnen. Jeweils vor und nach einer Messserie wurden die beiden Messketten kalibriert. Um die Messergebnisse gegebenenfalls von möglichen Störeinflüssen zu bereinigen, wurden zusätzlich Fremdgeräuschmessungen an drei unterschiedlichen Mikrofonpositionen im Empfangsraum ausgeführt.

5.3 Beschreibung des Prüfstandes

Das zu untersuchende Zuluft-Kastenfenster befindet sich im Schlafzimmer (Empfangsraum) des Erdgeschosses (EG) eines Einfamilienhauses (Anlage, Teil 3 – Grundriss Empfangsraum). Es hat eine Außenwand und drei Innenwände. Eine der drei Innenwände war vor einem Anbau ebenfalls eine Außenwand. In der folgenden Tabelle 5.1 werden die einzelnen Wand- sowie Decken- und Fußbodenaufbauten beschrieben.

Tabelle 5.1: Wand-, Decken- und Fußbodenaufbau – Empfangsraum (EG)

Nr.	Beschreibung des Bauteils	Aufbau/Abmaß
1	Außenwand ¹⁾ (Nordseite) belüftetes zweischaliges Mauerwerk mit Kerndämmung und Luftschicht, Schalenverbindung mit ca. 5 Stück 3 mm Edelstahlnadeln/m ² , im Bereich der Fensterleibung gibt es eine Schalenverbindung durch 11,5 cm Mauerwerk	Kalkzement-Außenputz 2,0 cm Wetterschale, Hochlochziegel ($\rho = 1400 \text{ kg/m}^3$) 11,5 cm Luftschicht 3,0 cm Polystyrol 2,0 cm Mineralfaserplatte 6,0 cm Tragschale, Hochlochziegel ($\rho = 900 \text{ kg/m}^3$) 24,0 cm Kalkzement-Innenputz 2,0 cm
2	Innenwand ¹⁾ (Westseite – ehemalige Außenwand, jetzt Anschluss zu Büroräumen) zweischaliges Mauerwerk mit Kerndämmung, unbelüftet, Schalenverbindung mit ca. 5 Stück 3 mm Edelstahlnadeln/m ²	Kalkzement-Außenputz 2,0 cm Wetterschale, Hochlochziegel ($\rho = 1400 \text{ kg/m}^3$) 11,5 cm Mineralfaserdämmung als Kerndämmung (keine Hinterlüftung) 12,0 cm Tragschale, Hochlochziegel ($\rho = 900 \text{ kg/m}^3$) 24,0 cm Kalkzement-Innenputz 2,0 cm
3	Innenwand ¹⁾ (Südseite – Anschluss zum Wohnzimmer)	Kalkzementputz 1,5 cm Schwerbeton-Hohlblocksteine ($\rho = 1800 \text{ kg/m}^3$) 24,0 cm Kalkzementputz 1,5 cm
4	Innenwand ¹⁾ mit Tür (Ostseite – Anschluss zum Badezimmer)	Fliesen und Fliesenmörtel 1,5 cm Hochlochziegel ($\rho = 1400 \text{ kg/m}^3$) 11,5 cm Kalkzementputz 1,5 cm (Innentür mit Glasfüllung und Schwelle)
5	Fußbodenaufbau im EG (KG vorhanden)	Stahlbetondecke 14,0 cm Mineralfaser-Trittschalldämmung (1 Lage 300-er Bitumenpappe) 3,5 cm Zementestrich 5,0 cm Nadelfilzbelag 0,4 cm PVC-Belag 0,2 cm Velourteppich 0,5 cm
6	Deckenaufbau ¹⁾ im EG (OG vorhanden)	Stahlbetondecke 14,0 cm

¹⁾ Alle Empfangsraumwände und –decke sind mit einer Raufasertapete (Dicke ca. 0,2 cm) versehen.

Der Empfangsraum war möbliert, was bei der Nachhallzeitermittlung in der Volumenberechnung entsprechend berücksichtigt wurde. Im Empfangsraum befanden sich während der Messungen drei Schränke und ein Bett. Die Maße der Möbel sind nachfolgend in der Tabelle 5.2 aufgeführt.

Tabelle 5.2: Möbel – Empfangsraum (EG)

Nr.	Beschreibung des Möbelstücks	Aufbau/Abmaß
1	Schrank 1 – Innenwand (Ostseite – Anschluss zum Badezimmer)	0,59 m x 1,655 m x 2,35 m
2	Schrank 2 – Innenwand (Westseite – ehemalige Außenwand, jetzt Anschluss zu Büroräumen)	0,59 m x 0,835 m x 2,35 m
3	Schrank 3 – Innenwand (Südseite – Anschluss zum Wohnzimmer)	0,28 m x 0,835 m x 0,86 m, 0,28 m x 0,835 m x 0,91 m
4	Bett – Innenwand (Südseite – Anschluss zum Wohnzimmer) und Innenwand (Westseite – ehemalige Außenwand, jetzt Anschluss zu Büroräumen)	1,97 m x 1,67 m x 0,375 m

Das Volumen wurde unter Berücksichtigung der Möblierung mit 19,13 m³ berechnet. Die Prüffläche des Zuluft-Kastenfensters beträgt 1,44 m². Die gesamte Außenwand mit Zuluft-Kastenfenster des Empfangsraums hat eine Fläche von 7,98 m².

5.4 Bestimmung der Grenzschalldämmung des Prüfstandes

Die Prüfung der Schalldämmung von Fenstern erfordert eine hohe Schalldämmung der Außenwand des Prüfstandes am Bau. Die Schalldämmung der Außenwand sollte idealerweise mindestens 10 dB größer sein als das bewertete Bau-Schalldämm-Maß $R'_{45^\circ, w}$ des zu prüfenden Fensters. Beträgt der Abstand weniger als 10 dB zur Schalldämmung der Außenwand bzw. zur wirksamen Grenzschalldämmung des Prüfstandes, so bedürfen die bewerteten Bau-Schalldämm-Maße $R'_{45^\circ, w}$ der Interpretation [10].

Die bewertete Schalldämmung der Außenwand kann theoretisch mit Hilfe der DIN 4109 Beiblatt 1 [16] oder praktisch in Form einer Schallmessung nach DIN EN ISO 140 Teil 5 [18] bestimmt werden. Hier sollen beide Arten zur Anwendung kommen.

Um die Bestimmung nach DIN 4109 Beiblatt 1 [16] vornehmen zu können, ist die Kenntnis des genauen Wandaufbaus erforderlich (Tabelle 5.1, Nr. 1). Die Bestimmung der Schalldämmung der Außenwand nach Beiblatt 1 zu DIN 4109 [16] ist im Abschnitt 2.3.2 „Ermittlung des bewerteten Schalldämm-Maßes $R'_{w,R}$ “ (Seite 36) sowie für zweischaliges Mauerwerk mit Luftschicht in Abschnitt 10.1.1 „Außenwände, Decken und Dächer“ (Seite 80) beschrieben. Zuerst wird die Summe der flächenbezogenen Masse der Einzelschalen inklusive der Putze ermittelt. Die flächenbezogene Masse m' lässt sich bei Kenntnis der Rohdichte ρ und Materialdicke d nach folgender Gleichung (4) berechnen:

$$m' = \rho d \quad (4)$$

mit: ρ : Dichte des Materials in kg/m^3 ,
 d : Dicke des Materials in m [11].

Mit der Gleichung (4) und den Daten für den Wandaufbau aus der Tabelle 5.1 erhält man als flächenbezogene Masse m'_1 für die Tragschale (großformatiges Hochlochziegelmauerwerk) $218,4 \text{ kg/m}^2$ und als flächenbezogene Masse m'_2 für die Wetterschale (Hochlochziegelmauerwerk) $156,4 \text{ kg/m}^2$. Für die Kalkzementputze werden die flächenbezogenen Massen m'_3 nach Tabelle 4 in Beiblatt 1 zu DIN 4109 [16] zu je 30 kg/m^2 bestimmt (Seite 4, Tabelle 4, Spalte 3, Zeile 3). Die Summe der einzelnen zuvor ermittelten flächenbezogenen Massen ($m'_{ges} = m'_1 + m'_2 + 2 m'_3$) ergibt $434,8 \text{ kg/m}^2$. Anschließend lässt sich aus der Tabelle 1, Spalte 2, Zeile 20, im Beiblatt 1 zu DIN 4109 [16] auf der Seite 3 und nach dem Abschnitt 10.1.1 das bewertete Schalldämm-Maß $R'_{w,R}$ von 58 dB ($53 \text{ dB} + 5 \text{ dB} = 58 \text{ dB}$) für die Außenwand angeben.

Das nach DIN EN ISO 140 Teil 5 [18] messtechnisch ermittelte bewertete Bau-Schalldämm-Maß $R'_{45^\circ,w}$ für die Außenwand beträgt $55,4 \text{ dB}$. Für dessen messtechnische Ermittlung wurden folgende Maßnahmen ausgeführt. Der gesamte äußere Leibungsbereich des Fensters wurde mit zwei Lagen Mineralfaserplatten mit einer Dicke von je 5 cm ausgefüllt. Die Fensteröffnung wurde zudem mit einer Gipskartonplatte ($12,5 \text{ mm}$) mit vorkomprimiertem Dichtungsband zur Wand und zur massiven Fensterbank aus Terrazzo abgedeckt. Es wurde auf der Sendeseite im Nahfeld der Außenwand mit fünf verschiedenen Mikrofonpositionen der Schalldruckpegel gemessen. Im Empfangsraum befand sich das Mikrofon für die Aufnahme des Luftschalls ebenfalls an fünf unterschiedlichen Positionen im Raum. Hierfür musste auch eine Nachhallzeitmessung nach DIN EN ISO 354 [19] für die Ermittlung der äquivalenten Schallabsorptionsfläche ausgeführt werden.

Der theoretisch ermittelte Wert des bewerteten Schalldämm-Maßes $R'_{w,R}$ der Außenwand ist etwas höher (2,6 dB) als der messtechnisch ermittelte Wert des bewerteten Bau-Schalldämm-Maßes $R'_{45^\circ,w}$ der Außenwand. Unter Beachtung aller Abweichungen von den idealisierten Annahmen für die theoretische Ermittlung sowie unter Berücksichtigung des streifenden Schalleinfalls (- 1,5 dB) bei der Messung kann aber noch von einer hinreichend guten Übereinstimmung gesprochen werden. Es wird davon ausgegangen, dass die Schalldämmung der Außenwand mindestens 55,4 dB beträgt.

Im vorliegenden Fall ist die Prüföffnungsfläche S_p (1,44 m²) kleiner als die Außenwandfläche S_A (7,98 m²). Nach Schirmer [10] ergibt sich die wirksame Grenzschalldämmung des Prüfstandes, wenn die Schalldämmung der Außenwand um den Term $10 \lg (S_A / S_p)$ dB (7,4 dB) vermindert wird. Die Grenzschalldämmung des hier benutzten Prüfstandes wäre dann 48,0 dB (55,4 dB – 7,4 dB = 48,0 dB).

6 Schalltechnische Messungen

6.1 Messapparaturen und Betriebszustände des Prüfobjektes

Die schalltechnischen Messungen an dem Zuluft-Kastenfenster wurden an verschiedenen Tagen bei etwa gleichen klimatischen Bedingungen nach DIN EN ISO 140 Teil 5 [18] ausgeführt. Für die Messungen der Luftschalldämmung wurde der zweikanalige Echtzeitanalysator RTA 840-2 mit eingebauten digitalen Terzfiltern und Rauschgenerator (Seriennummer 18677) der Firma Norsonic-Tippkemper GmbH verwendet. Das Gerät erfüllt die Anforderungen an die Klasse 1 nach DIN EN 61672-1 [17]. Die Messapparatur bestand aus den in der folgenden Tabelle 6.1 aufgelisteten Komponenten.

Tabelle 6.1: Komponenten der Messapparatur und deren Bezeichnungen

Sendeseite – Kanal 2	
½“ Vorverstärker, Typ 1201 (Seriennummer 19148)	Fabrikat Norsonic-Tippkemper GmbH
½“ Freifeldmikrofon, Typ 1220 (Seriennummer 15998)	
Leistungsverstärker, Typ 235 (Seriennummer 16668)	
Nachhalllautsprecher, Typ 932	
Empfängerseite – Kanal 1	
½“ Vorverstärker, Typ 1201 (Seriennummer 19147)	Fabrikat Norsonic-Tippkemper GmbH
½“ Freifeldmikrofon, Typ 1220 (Seriennummer 23922)	

Der Lautsprecher war mit einem Winkel von 45° auf das Prüfobjekt mit einem Abstand von 5 m bei allen Fenstermessungen und 7 m bei der Ermittlung der Grenzschalldämmung des Prüfstandes gerichtet. Die Abtastung des Schallfeldes erfolgte simultan auf der Sende- und auf der Empfangsseite mit mindestens fünf festen Mikrofonpositionen. Auf der Sendeseite wurde normgerecht im Nahfeld des Bauteils mit < 10 mm Mikrofonabstand von der Bauteiloberfläche gemessen. Die Pegeldifferenzen zwischen den einzelnen Messpositionen betrugen weniger als 5 dB. Im Empfangsraum wurde mit den Mikrofonpositionen das Schallfeld gleichmäßig mit normgerechten Bauteilabständen > 0,5 m abgetastet. Bei allen Pegeldifferenzmessungen wurde aufgrund der Messung bis 50 Hz jeweils 16 s lang angeregt und gemessen.

Zur Erfassung der raumakustischen Situation wurde gemäß DIN EN ISO 354 [19] entsprechend der Empfangsraum mit stationärem Rauschen in seinen Eigenfrequenzen angeregt und der abklingende Nachhall nach den Regeln der DIN EN ISO 354 [19] ausgewertet. Es wurden mindestens drei Mikrofonpositionen mit je zwei Nachhallmessungen verwendet.

Die Geräuscherzeugung erfolgte durch den eingebauten Rauschgenerator mit nachgeschaltetem Leistungsverstärker, Typ 235, und Dodekaeder – Lautsprechergruppe, Typ 229 (Seriennummer 16588), Fabrikat Norsonic-Tippkemper GmbH, der im Empfangsraum bei der Messung verblieb. Die Steuerung und Auswertung der Messung erfolgte in Terzbändern mit dem zweikanaligen Echtzeitanalysator RTA 840-2.

Vor und nach Ausführung der Messungen fand eine Überprüfung der Geräte-Kalibrierung mit dem akustischen Kalibrator 1251, Klasse 1 (Seriennummer 19876), Fabrikat Norsonic-Tippkemper GmbH, statt. Mit dem aufgeführten Gerätesatz wurde letztmalig im Januar 2011 an der Schallschutz-Vergleichsmessung des VMPA Berlin teilgenommen. Der Echtzeitanalysator incl. der Mikrofonverstärker und der Mikrofonkapseln sind amtlich geeicht worden, letztmalig im Februar 2008 (Eichamt Dortmund).

Für die Volumenstrommessungen kam ein Multifunktions-Messgerät für Klima, Lüftung und Raumluftqualität (testo 435-2 von der Firma Testo AG) zum Einsatz. Die testo Strömungssonde 06351535 hat laut Hersteller einen Messbereich von 0 m/s bis 20 m/s und von - 20°C bis + 70°C mit einer Genauigkeit von $\pm (0,03 \text{ m/s} + 4 \% \text{ v. Mw.})$ und von $\pm 0,3^\circ\text{C}$. Die Luftgeschwindigkeit an der inneren Lufteintrittsöffnung wurde über einen Zeitraum von 13,5 bis 15,0 Minuten während der betreffenden Messung ermittelt. In diesem Zeitraum wurde alle 10 Sekunden ein Messwert aufgenommen. Aus diesen 82 bis 90 Werten der Strömungsgeschwindigkeit wurde der arithmetische Mittelwert gebildet sowie daraus der Volumenstrom und die Luftwechselrate berechnet.

Die aus den Messungen erhaltenen Ergebnisse sind in den nachfolgenden Unterpunkten dieses Abschnittes aufgeführt. Zur Vereinfachung werden die Betriebszustände 1, 2, 3 und 4 mit einer entsprechenden Kurzbezeichnung eingeteilt. Die Beschreibung der vier verschiedenen Betriebszustände ist in der folgenden Tabelle 6.2 ersichtlich.

Tabelle 6.2: Definition der einzelnen Betriebszustände des Prüfobjektes

Nr.	Betriebszustand des Prüfobjektes	Beschreibung des Betriebszustandes
1	Zustand 1 Außenfenster allein, Lüftungsöffnung auf	Außenfenster zu und Lüftungselement auf Innenfenster auf und Lüftungselement auf
2	Zustand 2 Außenfenster allein, Lüftungsöffnung zu	Außenfenster zu und Lüftungselement zu Innenfenster auf und Lüftungselement auf
3	Zustand 3 Normalbetrieb Zuluft-Kastenfenster	Außenfenster zu und Lüftungselement auf Innenfenster zu und Lüftungselement auf
4	Zustand 4 wie übliches Kastenfenster, alle Lüftungsöffnungen zu	Außenfenster zu und Lüftungselement zu Innenfenster zu und Lüftungselement zu

Die klimatischen Messbedingungen, wie z.B. die vorherrschenden Innen- und Außentemperaturen der einzelnen Messtage, sind in den jeweiligen Tabellen in der Spalte Bemerkungen notiert, da bei niedrigeren Temperaturen eine Verschlechterung des bewerteten Bau-Schalldämm-Maßes $R'_{45^\circ,w}$ bis zu 3 dB erfolgen kann. Die schalltechnischen Messergebnisse und deren Darstellung im NorBuild 3.2 sowie die ermittelten Ergebnisse des Luftdurchsatzes am Lüftungselement im Innenfenster durch die Comfort Software 35 sind den einzelnen folgenden Tabellen auszugsweise und vollständig dem Anhang, Teil 5 – Bau-Schalldämm-Kurvenblätter, und dem Anhang, Teil 6 – Luftdurchsatz, zu entnehmen.

Die Messergebnisse der bewerteten Bau-Schalldämm-Maße $R'_{45^\circ,w}$ werden in Abweichung von der Norm nicht auf volle dB abgerundet, sondern präziser mit Zehntel-dB-Genauigkeit angegeben. Damit wird ein formaler, normbedingter Messfehler, der bis zu ± 1 dB betragen kann, vermieden, und Einflüsse mit geringer schalltechnischer Auswirkung sind besser erkennbar. Zusätzlich erfolgt die normgerechte Angabe der Messergebnisse in Klammern.

6.2 Messergebnisse der schalltechnischen Untersuchungen

6.2.1 Prüfbjekt ohne/mit Randbedämpfung

Das Prüfbjekt wurde in den vier verschiedenen Betriebszuständen (Tabelle 6.2) bezüglich des Außen- und Innenfensters sowie der Lüftungselemente der einzelnen Fenster nach DIN EN ISO 140 Teil 5 [18] ohne und mit einer Randbedämpfung gemessen.

In einem ersten Schritt wurden an unterschiedlichen Positionen im Kasten und/oder am Fenstersturz des Prüfgegenstandes Absorber des Fabrikats Ecophon Gedina E mit einer Dicke von 1,5 cm angebracht (Anlage, Teil 5 – Absorber). Dieser Absorber von Ecophon ist nicht für eine Direktmontage vorgesehen, so dass die Absorptionskennwerte, also die Absorptionsgrade α der einzelnen Terzen bzw. Oktaven, etwas geringer als vom Hersteller angegeben ausfallen können. In einem zweiten Schritt wurde die Absorptionsschicht mit einem zusätzlichen 4,0 cm dicken Absorber im seitlichen und unteren Bereich auf insgesamt 5,5 cm verstärkt. Es handelt sich hierbei um einen Absorber von Ecophon Master B/alpha (Anlage, Teil 5 – Absorber). Diese Art von Absorber der Firma Ecophon kann direkt am Bauteil montiert werden. Die erhaltenen Messergebnisse der bewerteten Bau-Schalldämm-Maße $R'_{45^\circ,w}$ des Prüfbjektes ohne und mit Randbedämpfung sind in den Tabellen 6.3 bis 6.6 dargestellt.

Wegen optisch erkennbarer geringer Undichtheiten wurde zusätzlich am Außenfenster das Lüftungselement in den Zuständen 2 und 4 des Prüfobjektes abgedichtet (Tabellen 6.4 und 6.6). Auch das Innenfenster wurde auf diese Art und Weise auf Undichtheiten überprüft. Das heißt, das Innenfenster wurde einmal vollständig sowie einmal nur das Lüftungselement und der untere Öffnungsspalt zwischen den beiden Innenfensterflügeln im Zustand 4 des Prüfobjektes abgedichtet (Tabelle 6.6). Für die Abdichtung wurde die Dichtungsmasse Terostat IX von der Firma Teroson GmbH verwendet.

Tabelle 6.3: Messergebnisse ohne/mit Randbedämpfung für das Außenfenster allein (Lüftungsöffnung auf)

Nr.	Messdatum	Zustand 1 (Außenfenster allein, Lüftungsöffnung auf)	bewertetes Bau-Schall-dämm-Maß $R'_{45^\circ, w}$ [dB]	Bemerkungen
1	02.11.2011	ohne Randbedämpfung	20,7 (20)	Außentemperatur: 14,0°C Innentemperatur: 19,2°C
2	06.11.2011	mit Randbedämpfung (Dicke 1,5 cm) unten im Kasten	19,3 (19)	Außentemperatur: 12,2°C Innentemperatur: 19,1°C
3	07.11.2011	mit Randbedämpfung (Dicke 1,5 cm) oben im Kasten	19,7 (19)	Außentemperatur: 10,5°C Innentemperatur: 19,0°C
4	08.11.2011	mit Randbedämpfung (Dicke 1,5 cm) an beiden Seiten im Kasten	20,9 (20)	Außentemperatur: 7,3°C Innentemperatur: 18,9°C
5	09.11.2011	mit Randbedämpfung (Dicke 1,5 cm) an beiden Seiten und oben im Kasten	20,6 (20)	Außentemperatur: 5,1°C Innentemperatur: 18,5°C
6	09.11.2011	mit Randbedämpfung (Dicke 1,5 cm) an beiden Seiten, oben und unten im Kasten	21,3 (21)	Außentemperatur: 7,0°C Innentemperatur: 18,7°C
7	09.11.2011	mit Randbedämpfung (Dicke 1,5 cm) an beiden Seiten, oben und unten im Kasten sowie am Fenstersturz	21,8 (21)	Außentemperatur: 7,1 °C Innentemperatur: 18,7 °C

Tabelle 6.4: Messergebnisse ohne/mit Randbedämpfung für das Außenfenster allein (Lüftungsöffnung zu)

Nr.	Messdatum	Zustand 2 (Außenfenster allein, Lüftungsöffnung zu)	bewertetes Bau-Schall-dämm-Maß $R'_{45^\circ, w}$ [dB]	Bemerkungen
1	02.11.2011	ohne Randbedämpfung	36,3 (36)	Außentemperatur: 14,0°C Innentemperatur: 19,2°C
2	02.11.2011	ohne Randbedämpfung, äußeres Lüftungselement abgedichtet	37,6 (37)	Außentemperatur: 14,0°C Innentemperatur: 19,2°C
3	06.11.2011	mit Randbedämpfung (Dicke 1,5 cm) unten im Kasten	36,6 (36)	Außentemperatur: 12,2°C Innentemperatur: 19,1°C
4	07.11.2011	mit Randbedämpfung (Dicke 1,5 cm) oben im Kasten	35,6 (35)	Außentemperatur: 10,5°C Innentemperatur: 19,0°C
5	08.11.2011	mit Randbedämpfung (Dicke 1,5 cm) an beiden Seiten im Kasten	37,0 (37)	Außentemperatur: 7,3°C Innentemperatur: 18,9°C
6	09.11.2011	mit Randbedämpfung (Dicke 1,5 cm) an beiden Seiten und oben im Kasten	36,2 (36)	Außentemperatur: 5,1°C Innentemperatur: 18,5°C
7	09.11.2011	mit Randbedämpfung (Dicke 1,5 cm) an beiden Seiten, oben und unten im Kasten	36,8 (36)	Außentemperatur: 7,0°C Innentemperatur: 18,7°C
8	09.11.2011	mit Randbedämpfung (Dicke 1,5 cm) an beiden Seiten, oben und unten im Kasten sowie am Fenstersturz	36,9 (36)	Außentemperatur: 7,1°C Innentemperatur: 18,7°C

Tabelle 6.5: Messergebnisse ohne/mit Randbedämpfung für das Zuluft-Kastenfenster (Normalbetrieb)

Nr.	Messdatum	Zustand 3 (Normalbetrieb Zuluft-Kastenfenster)	bewertetes Bau-Schall-dämm-Maß $R'_{45^\circ, w}$ [dB]	Bemerkungen
1	02.11.2011	ohne Randbedämpfung	29,3 (29)	Außentemperatur: 14,0°C Innentemperatur: 19,2°C
2	06.11.2011	mit Randbedämpfung (Dicke 1,5 cm) unten im Kasten	31,6 (31)	Außentemperatur: 12,2°C Innentemperatur: 19,1°C
3	07.11.2011	mit Randbedämpfung (Dicke 1,5 cm) oben im Kasten	31,4 (31)	Außentemperatur: 10,5°C Innentemperatur: 19,0°C
4	02.12.2011	mit Randbedämpfung (Dicke 1,5 cm) an beiden Seiten im Kasten	33,9 (33)	Außentemperatur: 7,3°C Innentemperatur: 18,9°C
5	09.11.2011	mit Randbedämpfung (Dicke 1,5 cm) an beiden Seiten und oben im Kasten	35,4 (35)	Außentemperatur: 5,1°C Innentemperatur: 18,5°C
6	09.11.2011	mit Randbedämpfung (Dicke 1,5 cm) an beiden Seiten, oben und unten im Kasten	36,2 (36)	Außentemperatur: 7,0°C Innentemperatur: 18,7°C
7	09.11.2011	mit Randbedämpfung (Dicke 1,5 cm) an beiden Seiten, oben und unten im Kasten sowie am Fenstersturz	36,7 (36)	Außentemperatur: 7,1°C Innentemperatur: 18,7°C
8	21.11.2011	mit Randbedämpfung (Dicke 1,5 cm) an beiden Seiten, oben und unten im Kasten sowie zusätzlich mit Randbedämpfung (Dicke 4,0 cm) an beiden Seiten und unten im Kasten	37,7 (37)	Außentemperatur: 5,0°C Innentemperatur: 17,9°C

Tabelle 6.6: Messergebnisse ohne/mit Randbedämpfung für das Kastenfenster (alle Lüftungsöffnungen zu)

Nr.	Messdatum	Zustand 4 (wie übliches Kastenfenster, alle Lüftungsöffnungen zu)	bewertetes Bau-Schalldämm-Maß $R'_{45^\circ, w}$ [dB]	Bemerkungen
1	02.11.2011	ohne Randbedämpfung	45,7 (45)	Außentemperatur: 14,0°C Innentemperatur: 19,2°C
2	02.11.2011	ohne Randbedämpfung, äußeres Lüftungselement abgedichtet	46,5 (46)	Außentemperatur: 14,0°C Innentemperatur: 19,2°C
3	02.11.2011	ohne Randbedämpfung, äußeres Lüftungselement abgedichtet, inneres Lüftungselement und unterer Öffnungsspalt des Innenfensters abgedichtet	46,6 (46)	Außentemperatur: 14,0°C Innentemperatur: 19,2°C
4	02.11.2011	ohne Randbedämpfung, äußeres Lüftungselement abgedichtet, inneres Lüftungselement und komplettes Innenfenster abgedichtet	47,2 (47)	Außentemperatur: 14,0°C Innentemperatur: 19,2°C
5	06.11.2011	mit Randbedämpfung (Dicke 1,5 cm) unten im Kasten	46,5 (46)	Außentemperatur: 12,2°C Innentemperatur: 19,1°C
6	07.11.2011	mit Randbedämpfung (Dicke 1,5 cm) oben im Kasten	45,5 (45)	Außentemperatur: 10,5°C Innentemperatur: 19,0°C
7	08.11.2011	mit Randbedämpfung (Dicke 1,5 cm) an beiden Seiten im Kasten	46,6 (46)	Außentemperatur: 7,3°C Innentemperatur: 18,9°C
8	09.11.2011	mit Randbedämpfung (Dicke 1,5 cm) an beiden Seiten und oben im Kasten	46,8 (46)	Außentemperatur: 5,1°C Innentemperatur: 18,5°C
9	09.11.2011	mit Randbedämpfung (Dicke 1,5 cm) an beiden Seiten, oben und unten im Kasten	47,5 (47)	Außentemperatur: 7,0°C Innentemperatur: 18,7°C
10	09.11.2011	mit Randbedämpfung (Dicke 1,5 cm) an beiden Seiten, oben und unten im Kasten sowie am Fenstersturz	46,9 (46)	Außentemperatur: 7,1°C Innentemperatur: 18,7°C
11	21.11.2011	mit Randbedämpfung (Dicke 1,5 cm) an beiden Seiten, oben und unten im Kasten sowie zusätzlich mit Randbedämpfung (Dicke 4,0 cm) an beiden Seiten und unten im Kasten	46,8 (46)	Außentemperatur: 5,0°C Innentemperatur: 17,9°C

6.2.2 Prüfbjekt mit zusätzlichen Absorptionsschalldämpfern

Absorptionsschalldämpfer (Anlage, Teil 3 – Absorber) wurden am Lüftungselement des Außenfensters und/oder am Lüftungselement des Innenfensters angebracht. Der äußere und innere Absorptionsschalldämpfer (selbst gebaut) bestanden aus Holzkästen, die innenseitig vollständig absorbierend ausgekleidet (Ecophon Gedina E, Dicke 1,5 cm) waren. Die Ergebnisse in der Tabelle 6.7 geben einen Überblick über die erzielten bewerteten Bau-Schalldämm-Maße $R'_{45^\circ, w}$ der einzelnen Messdurchführungen. Mit der im Haus installierten Abluftanlage (Schalterstellung 5) konnten bei den Schalldämpfermessungen hinreichende Luftwechselraten/Volumenströme erzielt werden. Dieses wurde mit dem Multifunktions-Messgerät für Klima, Lüftung und Raumluftqualität testo 435-2 überprüft (Bemerkungen in Tabelle 6.7 und Anlage, Teil 6 – Luftdurchsatz).

Tabelle 6.7: Messergebnisse mit zusätzlichem Absorptionsschalldämpfer für das Außenfenster allein (Lüftungsöffnung auf) und das Zuluft-Kastenfenster (Normalbetrieb)

Nr.	Messdatum	Zustandsbeschreibung des Prüfobjektes	bewertetes Bau-Schalldämm-Maß $R'_{45^\circ, w}$ [dB]	Bemerkungen
1	02.12.2011	Zustand 1 Außenfenster allein, Lüftungsöffnung auf; mit Absorptionsschalldämpfer am äußeren Lüftungselement und mit Randbedämpfung (Dicke 1,5 cm) unten im Kasten	29,6 (29)	Außentemperatur: 5,0°C Innentemperatur: 18,7°C Luftwechselrate: 4,8 h ⁻¹ Volumenstrom: 92,0 m³/h
2	02.12.2011	Zustand 3 Normalbetrieb Zuluft-Kastenfenster; mit Absorptionsschalldämpfer am äußeren Lüftungselement und mit Randbedämpfung (Dicke 1,5 cm) unten im Kasten	34,3 (34)	Außentemperatur: 11,6°C Innentemperatur: 19,0°C Luftwechselrate: 1,4 h ⁻¹ Volumenstrom: 26,5 m³/h
3	02.12.2011	Zustand 3 Normalbetrieb Zuluft-Kastenfenster; mit Absorptionsschalldämpfer am inneren Lüftungselement	34,1 (34)	Außentemperatur: 4,6°C Innentemperatur: 18,4°C Luftwechselrate: 1,7 h ⁻¹ Volumenstrom: 31,6 m³/h
4	03.12.2011	Zustand 3 Normalbetrieb Zuluft-Kastenfenster; mit Absorptionsschalldämpfer am inneren Lüftungselement und komplettes Innenfenster abgedichtet	36,2 (36)	Außentemperatur: 5,4°C Innentemperatur: 18,8°C Luftwechselrate: 1,6 h ⁻¹ Volumenstrom: 29,7 m³/h
5	02.12.2011	Zustand 3 Normalbetrieb Zuluft-Kastenfenster; mit Absorptionsschalldämpfer am äußeren und inneren Lüftungselement und mit Randbedämpfung (Dicke 1,5 cm) unten im Kasten	39,1 (39)	Außentemperatur: 4,1°C Innentemperatur: 18,3°C Luftwechselrate: 1,6 h ⁻¹ Volumenstrom: 29,7 m³/h

6.2.3 Prüfobjekt mit Jalousie als Sonnenschutzmaßnahme im Zwischenraum

Das Prüfobjekt im Empfangsraum befindet sich auf der Nordseite des Einfamilienhauses, so dass es nahezu keiner direkten Sonneneinstrahlung ausgesetzt ist. Dieses gilt aber nicht für jedes Fenster. Besonders für Fenster, die sich auf der Südseite eines Gebäudes befinden, sollten für ein angenehmes Wohnklima vor direkter Sonneneinstrahlung (sommerlicher Wärmeschutz) geschützt werden. Hierfür eignet sich als einfachste Maßnahme eine Lamellenjalousie außen vor dem Fenster mit der höchsten Sonnenschutzwirkung. Oft wird allerdings auch mit verminderter Sonnenschutzwirkung eine Anordnung der Lamellenjalousie im Fensterzwischenraum gewünscht. Das hat den Vorteil der Windunabhängigkeit und geringerer Verschmutzung. Dieser letzte Fall wurde hier untersucht. Die Lamellen der dafür eingebrachten Jalousie im Zuluft-Kastenfenster wurden in einem bestimmten Neigungswinkel (Abbildung 6.1), einmal in und einmal entgegen der Strömungsrichtung, eingestellt. Die folgende Tabelle 6.8 gibt einen Überblick der gemessenen Ergebnisse für das bewertete Bau-Schalldämm-Maß $R'_{45^\circ, w}$ in diesem Zustand.

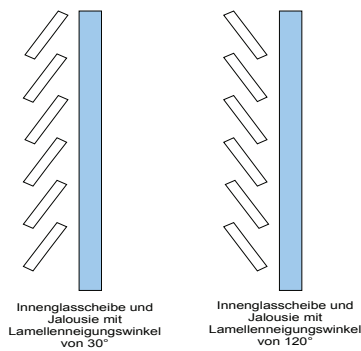


Abbildung 6.1: Definition Jalousie-Lamellenneigungswinkel

Tabelle 6.8: Messergebnisse mit Jalousie als Sonnenschutzmaßnahme im Zwischenraum für das Zuluft-Kastenfenster (Normalbetrieb)

Nr.	Messdatum	Zustand 3 (Normalbetrieb Zuluft-Kastenfenster)	bewertetes Bau-Schall-dämm-Maß $R'_{45^\circ, w}$ [dB]	Bemerkungen
1	21.11.2011	ohne Randbedämpfung und Jalousie-Lamellenneigungswinkel von 30°	28,8 (28)	Außentemperatur: 5,0°C Innentemperatur: 17,9°C
2	21.11.2011	ohne Randbedämpfung und Jalousie-Lamellenneigungswinkel von 120°	29,0 (29)	Außentemperatur: 5,0°C Innentemperatur: 17,9°C

6.2.4 Prüfobjekt in Abhängigkeit von verschiedenen Luftdurchsätzen

Da die Messung des Luftdurchsatzes mit der vorhandenen Abluftanlage, die über insgesamt fünf Schalterstellungen mit unterschiedlichen Fördermengen verfügt, nur geringe, kaum signifikante Unterschiede ergab, wurde lediglich bei den Schalterstellungen 1, 3 und 5 die Schalldämmung gemessen (Tabelle 6.9). Um aussagekräftige Messergebnisse zu erhalten, wurde zusätzlich der regelbare Ventilator einer Blower-Door-Anlage verwendet, mit dem ein zusätzlicher Unterdruck im Empfangsraum erzeugt wurde.

Außerdem wurden jeweils für die Abluftanlage und dem Blower-Door-Ventilator Messungen ohne und mit einer Randbedämpfung (Ecophon Gedina E, Dicke 1,5 cm) an beiden Seiten, oben und unten im Kasten durchgeführt. Mit dieser Abluftanlage wurden insgesamt 12 Regelstufen realisiert. Die einzelnen messtechnisch ermittelten Ergebnisse des bewerteten Bau-Schalldämm-Maßes $R'_{45^\circ, w}$ sind zunächst ohne und mit Randbedämpfung (Ecophon Gedina E, Dicke 1,5 cm) an beiden Seiten, oben und unten im Kasten für die Abluftanlage und dann für den Blower-Door-Ventilator mit den gleichen Randbedingungen der Messungen in den folgenden Tabellen 6.9 bis 6.12 dargestellt. Die Werte der Luftdurchsatzmessungen sind der Anlage, Teil 6 – Luftdurchsatz, zu entnehmen.

Tabelle 6.9: Messergebnisse ohne Randbedämpfung und mit Abluftanlage in Schalterstellungen 1, 3 und 5 für das Zuluft-Kastenfenster (Normalbetrieb)

Nr.	Messdatum	Zustand 3 (Normalbetrieb Zuluft-Kastenfenster)	bewertetes Bau-Schall-dämm-Maß $R'_{45^\circ, w}$ [dB]	Bemerkungen
1	23.11.2011	Schalterstellung 1	29,3 (29)	Außentemperatur: 5,7°C Innentemperatur: 17,6°C Luftwechselrate: 0,7 h ⁻¹ Volumenstrom: 13,0 m³/h
2	23.11.2011	Schalterstellung 3	29,2 (29)	Außentemperatur: 5,2°C Innentemperatur: 17,7°C Luftwechselrate: 0,7 h ⁻¹ Volumenstrom: 12,5 m³/h
3	23.11.2011	Schalterstellung 5	29,4 (29)	Außentemperatur: 4,8°C Innentemperatur: 17,7°C Luftwechselrate: 0,7 h ⁻¹ Volumenstrom: 12,5 m³/h

Tabelle 6.10: Messergebnisse mit Randbedämpfung (Dicke 1,5 cm) an beiden Seiten, oben und unten im Kasten sowie mit Abluftanlage in Schalterstellungen 1, 3 und 5 für das Zuluft-Kastenfenster (Normalbetrieb)

Nr.	Messdatum	Zustand 3 (Normalbetrieb Zuluft-Kastenfenster)	bewertetes Bau-Schall-dämm-Maß $R'_{45^\circ, w}$ [dB]	Bemerkungen
1	16.11.2011	Schalterstellung 1	36,6 (36)	Außentemperatur: 1,0°C Innentemperatur: 18,2°C Luftwechselrate: 0,8 h ⁻¹ Volumenstrom: 14,9 m³/h
2	16.11.2011	Schalterstellung 3	36,7 (36)	Außentemperatur: 0,9°C Innentemperatur: 18,0°C Luftwechselrate: 0,9 h ⁻¹ Volumenstrom: 16,7 m³/h
3	16.11.2011	Schalterstellung 5	35,9 (35)	Außentemperatur: 0,8°C Innentemperatur: 17,9°C Luftwechselrate: 0,9 h ⁻¹ Volumenstrom: 17,2 m³/h

Tabelle 6.11: Messergebnisse ohne Randbedämpfung sowie mit Blower-Door-Ventilator in Regelstufen 1 bis 12 für das Zuluft-Kastenfenster (Normalbetrieb)

Nr.	Messdatum	Zustand 3 (Normalbetrieb Zuluft-Kastenfenster)	bewertetes Bau-Schall-dämm-Maß $R'_{45^\circ, w}$ [dB]	Bemerkungen
1	22.11.2011	Regelstufe 1	29,0 (29)	Außentemperatur: 0,8°C Innentemperatur: 18,4°C Luftwechselrate: 0,8 h ⁻¹ Volumenstrom: 15,3 m³/h
2	22.11.2011	Regelstufe 2	29,2 (29)	Außentemperatur: 2,9°C Innentemperatur: 17,9°C Luftwechselrate: 1,0 h ⁻¹ Volumenstrom: 18,6 m³/h
3	22.11.2011	Regelstufe 3	28,9 (28)	Außentemperatur: 3,4°C Innentemperatur: 17,9°C Luftwechselrate: 1,2 h ⁻¹ Volumenstrom: 22,8 m³/h
4	22.11.2011	Regelstufe 4	28,5 (28)	Außentemperatur: 4,0°C Innentemperatur: 17,9°C Luftwechselrate: 1,4 h ⁻¹ Volumenstrom: 26,5 m³/h
5	22.11.2011	Regelstufe 5	29,6 (29)	Außentemperatur: 4,1°C Innentemperatur: 17,8°C Luftwechselrate: 1,5 h ⁻¹ Volumenstrom: 27,9 m³/h
6	22.11.2011	Regelstufe 6	28,8 (28)	Außentemperatur: 4,2°C Innentemperatur: 17,7°C Luftwechselrate: 1,6 h ⁻¹ Volumenstrom: 29,7 m³/h
7	22.11.2011	Regelstufe 7	29,2 (29)	Außentemperatur: 4,1°C Innentemperatur: 17,7°C Luftwechselrate: 1,7 h ⁻¹ Volumenstrom: 33,0 m³/h
8	22.11.2011	Regelstufe 8	29,2 (29)	Außentemperatur: 3,7°C Innentemperatur: 17,6°C Luftwechselrate: 1,9 h ⁻¹ Volumenstrom: 35,8 m³/h
9	23.11.2011	Regelstufe 9	28,9 (28)	Außentemperatur: 2,0°C Innentemperatur: 17,8°C Luftwechselrate: 2,0 h ⁻¹ Volumenstrom: 38,5 m³/h
10	23.11.2011	Regelstufe 10	29,2 (29)	Außentemperatur: 2,8°C Innentemperatur: 17,5°C Luftwechselrate: 2,5 h ⁻¹ Volumenstrom: 46,9 m³/h
11	23.11.2011	Regelstufe 11	29,5 (29)	Außentemperatur: 6,0°C Innentemperatur: 17,5°C Luftwechselrate: 3,1 h ⁻¹ Volumenstrom: 58,5 m³/h
12	23.11.2011	Regelstufe 12	29,1 (29)	Außentemperatur: 5,9°C Innentemperatur: 17,0°C Luftwechselrate: 3,7 h ⁻¹ Volumenstrom: 71,0 m³/h

Tabelle 6.12: Messergebnisse mit Randbedämpfung (Dicke 1,5 cm) an beiden Seiten, oben und unten im Kasten sowie mit Blower-Door-Ventilator in Regelstufen 1 bis 12 für das Zuluft-Kastenfenster (Normalbetrieb)

Nr.	Messdatum	Zustand 3 (Normalbetrieb Zuluft-Kastenfenster)	bewertetes Bau-Schall-dämm-Maß $R'_{45^\circ, w}$ [dB]	Bemerkungen
1	19.11.2011	Regelstufe 1	35,9 (35)	Außentemperatur: 7,4°C Innentemperatur: 18,0°C Luftwechselrate: 1,2 h ⁻¹ Volumenstrom: 22,3 m³/h
2	19.11.2011	Regelstufe 2	36,0 (36)	Außentemperatur: 7,4°C Innentemperatur: 18,0°C Luftwechselrate: 1,4 h ⁻¹ Volumenstrom: 26,0 m³/h
3	19.11.2011	Regelstufe 3	35,9 (35)	Außentemperatur: 7,3°C Innentemperatur: 18,0°C Luftwechselrate: 1,6 h ⁻¹ Volumenstrom: 31,1 m³/h
4	19.11.2011	Regelstufe 4	36,4 (36)	Außentemperatur: 7,0°C Innentemperatur: 17,9°C Luftwechselrate: 2,0 h ⁻¹ Volumenstrom: 38,1 m³/h
5	19.11.2011	Regelstufe 5	35,8 (35)	Außentemperatur: 6,8°C Innentemperatur: 17,9°C Luftwechselrate: 2,4 h ⁻¹ Volumenstrom: 45,0 m³/h
6	20.11.2011	Regelstufe 6	36,1 (36)	Außentemperatur: 1,6°C Innentemperatur: 18,0°C Luftwechselrate: 2,7 h ⁻¹ Volumenstrom: 51,1 m³/h
7	20.11.2011	Regelstufe 7	36,1 (36)	Außentemperatur: 1,6°C Innentemperatur: 17,7°C Luftwechselrate: 3,1 h ⁻¹ Volumenstrom: 59,0 m³/h
8	20.11.2011	Regelstufe 8	36,3 (36)	Außentemperatur: 3,4°C Innentemperatur: 17,7°C Luftwechselrate: 3,2 h ⁻¹ Volumenstrom: 60,4 m³/h
9	20.11.2011	Regelstufe 9	36,2 (36)	Außentemperatur: 3,4°C Innentemperatur: 17,5°C Luftwechselrate: 3,5 h ⁻¹ Volumenstrom: 66,4 m³/h
10	20.11.2011	Regelstufe 10	36,1 (36)	Außentemperatur: 3,4°C Innentemperatur: 17,1°C Luftwechselrate: 4,3 h ⁻¹ Volumenstrom: 82,7 m³/h
11	20.11.2011	Regelstufe 11	36,2 (36)	Außentemperatur: 3,6°C Innentemperatur: 16,8°C Luftwechselrate: 5,1 h ⁻¹ Volumenstrom: 98,5 m³/h
12	20.11.2011	Regelstufe 12	36,1 (36)	Außentemperatur: 3,8°C Innentemperatur: 16,5°C Luftwechselrate: 6,0 h ⁻¹ Volumenstrom: 114,7 m³/h

7 Diskussion der Messergebnisse

7.1 Allgemeines

Die Messergebnisse des bewerteten Bau-Schalldämm-Maßes $R'_{45^\circ, w}$ des Prüfobjektes aus dem obigen Abschnitt 6.2 werden entsprechend der vorgenommenen Maßnahmen, in Abhängigkeit von der Randbedämpfung, vom Einbau zusätzlicher Absorptionsschalldämpfer und in Abhängigkeit von verschiedenen Luftdurchsätzen, ausgewertet. In einigen Unterpunkten dieses Abschnittes werden die resultierenden bewerteten Schalldämm-Maße $R'_{w, R, res}$ zusammengesetzter Bauteile, das bewertete Schalldämm-Maß R_w eines Kastenfensters und die Einfügungsdämpfungen D_L von Schalldämpfern berechnet. Die Berechnungen nach Gleichung (1) für das bewertete Schalldämm-Maß R_w eines Kastenfensters und nach Gleichung (2) für die Durchgangsdämpfung D_L mit der Näherungsformel nach Piening wurden bereits im Abschnitt 3.2.2 erläutert.

Für die rechnerische Ermittlung des resultierenden bewerteten Schalldämm-Maßes $R'_{w, R, res}$ des Prüfobjektes wird aus der DIN 4109 Beiblatt 1 [16] (Seite 58, Abschnitt 11 „Resultierendes bewertetes Schalldämm-Maß $R'_{w, R, res}$ eines aus Elementen verschiedener Schalldämmung bestehenden Bauteils, z.B. Wand mit Tür oder Fenster“, Gleichung (15)) die Gleichung (5) für zusammengesetzte Bauteile verwendet:

$$R'_{w, R, res} = -10 \lg \left(\frac{1}{S_{ges}} \sum_{i=1}^n S_i 10^{\frac{-R'_{w, R, i}}{10}} \right) \text{ dB} \quad (5)$$

mit: S_{ges} : Fläche des gesamten Bauteils,
 S_i : Fläche des i-ten Elements des Bauteils,
 $R'_{w, R, i}$: bewertetes Schalldämm-Maß des i-ten Elements des Bauteils
[16].

Zur Berechnung der benötigten Schalldämmungen nach Gleichung (5) wird für die Flächen die vereinfachte Annahme getroffen, dass nur zwei Hauptschallübertragungswege durch das Prüfobjekt existieren (Abbildung 7.1).

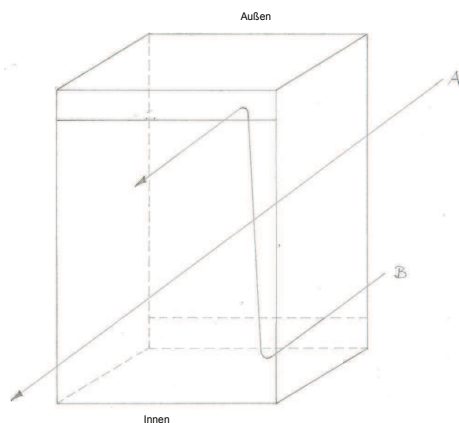


Abbildung 7.1: Prinzipskizze der Hauptschallübertragungswege A und B durch das Zuluft-Kastenfenster

A: Schallübertragungsweg durch die Verglasung/Hohlraum/Verglasung (Transmission)

B: Schallübertragungsweg durch den äußeren Öffnungsschlitz/Hohlraum/inneren Öffnungsschlitz

Die bewertete Schalldämmung für den Weg A kann messtechnisch bei geschlossenen Lüftungselementen (Zustand 4) direkt ermittelt werden. Die bewertete Schalldämmung für den Weg B kann dagegen nicht direkt gemessen werden. Am geöffneten Zuluft-Kastenfenster (Zustand 3) wird jedoch immer die resultierende bewertete Schalldämmung aus Weg A und Weg B gemessen. Nach Umstellung der Gleichung (5) kann dann aber die bewertete Schalldämmung für den Weg B rechnerisch ermittelt werden. Dafür müssen nur noch die Teil- und die Gesamtflächen bekannt sein.

Für die Flächen ergeben sich dann folgende Maße, wenn das Prüfobjekt das gesamte Bauteil darstellt. Die Gesamtfläche S_{ges} des Prüfobjektes beträgt $1,44 \text{ m}^2$. Die Zusammensetzung der Teilflächen S_A und S_B ist vom Betriebszustand des Prüfobjektes und/oder von der betreffenden Maßnahme für die Erreichung einer höheren Schalldämmung des Prüfobjektes abhängig. Wurde eine Randbedämpfung bzw. ein zusätzlicher Schalldämpfer lediglich direkt hinter dem Lüftungsschlitz am Außenfenster angebracht, so sind die Teilflächen S_A mit $1,4271 \text{ m}^2$ und S_B mit $0,0129 \text{ m}^2$ anzusetzen. Sind allerdings die schalltechnischen Maßnahmen direkt hinter den Lüftungsöffnungen am Außenfenster und Innenfenster bzw. nur hinter der Lüftungsöffnung am Innenfenster erfolgt, dann ergeben sich die Teilflächen S_A mit $1,4081 \text{ m}^2$ und S_B mit $0,0319 \text{ m}^2$. Wird die Gleichung (5) für das gesamte Bauteil (Fassade - Außenwand mit Prüfobjekt) verwendet, dann ergibt sich die Gesamtfläche S_{ges} der Fassade mit $7,98 \text{ m}^2$, bestehend aus der Außenwandteilfläche S_1 mit $6,54 \text{ m}^2$ und aus dem Prüfobjektflächenanteil S_2 mit $1,44 \text{ m}^2$.

Für die bewerteten Schalldämmwerte des Prüfobjektes im Zustand 4 (wie übliches Kastenfenster, alle Lüftungsöffnungen zu) ohne und mit Randbedämpfung sowie im Zustand 3 (Normalbetrieb Zuluft-Kastenfenster) mit zusätzlichen äußeren und inneren Absorptionsschalldämpfern ist nicht der notwendige 10-dB-Abstand zur wirksamen Grenzschalldämmung vorhanden. Die gemessenen bewerteten Bau-Schalldämm-Maße $R'_{45^\circ,w}$ des Prüfobjektes bedürfen daher einer Interpretation bzw. einer Korrektur. Für die Berechnung mit Gleichung (5) wird hier die Annahme getroffen, dass das gemessene bewertete Bau-Schalldämm-Maß $R'_{45^\circ,w}$ des Prüfobjektes dem resultierenden bewerteten Schalldämm-Maß $R'_{w,R,res}$ der Fassade (Außenwand inklusive Prüfobjekt) entspricht. Dieses angenommene resultierende bewerteten Schalldämm-Maß $R'_{w,R,res}$ der Fassade wird der Term $10 \lg (S_A / S_p)$ dB (hier 7,4 dB, Bezug zur Fassadenfläche) als Korrektur aufgeschlagen (s. Abschnitt 5.4) [10]. Mit der getroffenen Annahme des korrigierten resultierenden bewerteten Schalldämm-Maßes $R'_{w,R,res}$ der Fassade und dem gemessenen bewerteten Schalldämm-Maß $R'_{w,R,1}$ der Außenwand lässt sich nun das korrigierte bewertete Schalldämm-Maß $R'_{w,R,2}$ des Prüfobjektes bestimmen.

Äußeres und inneres Lüftungselement an sich sind bewusst herbeigeführte Undichtheiten, die je nach Bedarf geschlossen und geöffnet werden können. Dennoch können bereits kleine Undichtheiten zu erheblichen Einbrüchen der Schalldämmung führen, wenn die Lüftungselemente geschlossen sind. Das Außenfenster hat an beiden Seiten des Lüftungselementes am Übergang zu den Endkappen einen sichtbaren Schlitz. Das Innenfenster ist eine rahmenlose Konstruktion, die aus einer zweiflügligen Innenverglasung besteht. Die beiden Flügel der Innenverglasung sind durch eine weiche Kunststoff-Fugendichtung am Stulp miteinander verbunden, bei der deutlich ein kleiner Öffnungsspalt am unteren Ende zu sehen ist. Zum Kasten ist die Innenverglasung mit einer Bürstendichtung versehen. Auch hier sind kleine Undichtheiten, insbesondere an Übergängen und Ecken, zu erkennen. Um den Einfluss dieser Undichtheiten zu ermitteln, wurden in den Zuständen 2 und 4 gesonderte Messungen mit Abdichtungen dieser Fugen ausgeführt.

Die Multiplot-Darstellungen, auf denen sich eine ausgesuchte Auswahl der messtechnisch ermittelten und zur Diskussion stehenden Schalldämmkurven befinden, geben die Frequenzwirksamkeit der einzelnen schalltechnischen Maßnahmen wieder. Eine detaillierte Auswertung wird mit den abgebildeten Schalldämmkurven auf den Multiplots durchgeführt.

7.2 Untersuchung von Randbedämpfungsmaßnahmen

7.2.1 Außenfenster allein (Zustände 1 und 2 des Prüfobjektes)

Die gemessenen bewerteten Bau-Schalldämm-Maße $R'_{45^\circ, w}$ des Außenfensters ohne und mit einer Randbedämpfung in den Zuständen 1 und 2 sind in den Tabellen 6.3 und 6.4 aufgeführt. Eine Randbedämpfung in diesen beiden Zuständen hat, wie zu erwarten war, keine nennenswerte schalltechnische Wirkung auf die Schalldämmung des Außenfensters mit offenem bzw. geschlossenem Lüftungselement.

7.2.2 Zuluft-Kastenfenster (Zustand 3 des Prüfobjektes)

Die Tabelle 6.5 enthält die gemessenen bewerteten Bau-Schalldämm-Maße $R'_{45^\circ, w}$ des Prüfobjektes als Zuluft-Kastenfenster im Normalbetrieb ohne und mit Randbedämpfungsmaßnahmen. In der Multiplot-Darstellung (Abbildung 7.2) ist die getroffene Auswahl der auszuwertenden bewerteten Bau-Schalldämm-Maße $R'_{45^\circ, w}$ des Zuluft-Kastenfensters (Tabelle 6.5, Nr. 1, 6 und 8) in Form der frequenzabhängigen Bau-Schalldämm-Maße R'_{45° abgebildet.

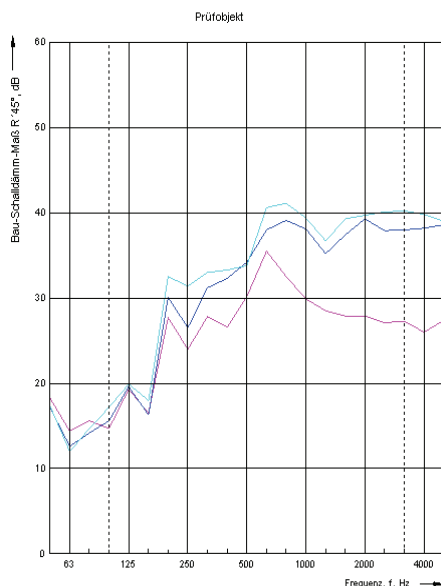


Abbildung 7.2: Multiplot der frequenzabhängigen Bau-Schalldämm-Maße R'_{45° des Zuluft-Kastenfensters (Normalbetrieb)

- ohne Randbedämpfung; $R'_{45^\circ, w}$ 29,3 dB (Tabelle 6.5, Nr. 1)
- mit Randbedämpfung (Dicke 1,5 cm) an beiden Seiten, oben und unten im Kasten; $R'_{45^\circ, w}$ 36,2 dB (Tabelle 6.5, Nr. 6)
- mit Randbedämpfung (Dicke 1,5 cm) an beiden Seiten, oben und unten im Kasten sowie zusätzlich mit Randbedämpfung (Dicke 4,0 cm) an beiden Seiten und unten; $R'_{45^\circ, w}$ 37,7 dB (Tabelle 6.5, Nr. 8)

Im Multiplot (Abbildung 7.2) ist zu erkennen, dass die Randbedämpfung des Zuluft-Kastenfensters im mittleren und hohen Frequenzbereich eine deutliche Verbesserung bringt. Das eingebrachte Absorptionsmaterial entfaltet seine Wirkung ab 160 Hz (5,5 cm Absorberdicke) und ab 200 Hz (1,5 cm Absorberdicke) zunehmend bis zur höchsten gemessenen Frequenz von 5000 Hz.

Bereits mit einer geringen Absorberdicke von 1,5 cm ist eine Verbesserung der bewerteten Schalldämmung des Zuluft-Kastenfensters um ca. 7 dB bei vollständiger Auskleidung des Kastens von ca. 29 dB auf 36 dB zu verzeichnen. Durch die Erhöhung der Absorberdicke auf über 5 cm kann die Verbesserung der bewerteten Schalldämmung nochmals um reichlich 1 dB auf über 37 dB gesteigert werden. Erwartungsgemäß wirkt sich die Erhöhung der Absorberdicke stärker bei tiefen Frequenzen aus. Es kann weiterhin festgehalten werden, dass die eingebrachten Randbedämpfungsmaßnahmen des Zuluft-Kastenfensters offensichtlich die Funktion eines Schalldämpfers für den Schallübertragungsweg B (Abbildung 7.1) übernimmt.

In diesem Zusammenhang ist zu überprüfen, ob die rechnerisch ermittelte Einfügungsdämpfung für diesen Schalldämpfer (Abschnitt 3.2.2) sich auf den Fall des Zuluft-Kastenfensters anwenden lässt. Es wird weiterhin ein rechnerisches Modell zur Ermittlung der bewerteten Schalldämmung des Zuluft-Kastenfensters entwickelt und mit den messtechnisch ermittelten Ergebnissen verglichen.

Zunächst wird nach der Näherungsformel nach Piening, Gleichung (2), die Durchgangsdämpfung D_L des Absorptionsschalldämpfers (ausgekleideter Kasten ohne bzw. mit Absorptionsmaterial) bestimmt (Tabelle 7.1).

Tabelle 7.1: Durchgangsdämpfung D_L des Kastens ohne/mit Randbedämpfung (Tabelle 6.5)

Nr.	1	2	3	4	5	6	7	8
Durchgangsdämpfung D_L [dB]	0	1,5	1,5	3,2	4,7	6,3	6,3	7,9

Es müssen nun die beiden Hauptübertragungswege A und B des Schalls durch das Zuluft-Kastenfenster (Abschnitt 7.1) ermittelt werden. Der Schallübertragungsweg A lässt sich aus dem Messergebnis des geschlossenen Kastenfensters ohne Randbedämpfung (Zustand 4, Tabelle 6.4, Nr. 1) ermitteln. Zuvor muss aber das Messergebnis für das Fenster wegen seiner Nähe zur Grenzschalldämmung des Prüfstandes korrigiert werden (Tabelle 7.2). Für die Korrektur wird davon ausgegangen, dass das Messergebnis am Fenster eigentlich die resultierende bewertete Schalldämmung für die Schallübertragung von Wand und Fenster ist. Deshalb ist das Messergebnis auch auf die Gesamtaußenwandfläche zu beziehen. Mit der Schalldämmung und Fläche des Wandteiles, der resultierenden bewerteten Schalldämmung von Fenster und Wand, inklusive der Berücksichtigung des Korrekturterms von 7,4 dB sowie der Gesamtaußenwandfläche, kann nun mit Gleichung (5) die korrigierte bewertete Schalldämmung des geschlossenen Kastenfensters zu 48,5 dB ermittelt werden (Abschnitt 7.1). Diese bewertete Schalldämmung gilt für den Schallübertragungsweg A.

Tabelle 7.2: Korrigiertes bewertetes Schalldämm-Maß $R'_{w,R,A}$ des Kastenfensters ohne Randbedämpfung für den Schallübertragungsweg A

Nr.	Gesamtfläche	Fläche Fenster	Fläche Wand	bewertetes Schalldämm-Maß der Außenwand	korrigiertes resultierendes bewertetes Schalldämm-Maß von Kastenfenster und Wand	korrigiertes bewertetes Schalldämm-Maß des Kastenfensters
	S_{ges} [m ²]	S_2 [m ²]	S_1 [m ²]	$R'_{w,R,1}$ [dB]	$R'_{w,R,res}$ [dB]	$R'_{w,R,2} = R'_{w,R,A}$ [dB]
1	7,98	1,44	6,54	55,4	53,1	48,5

Das Messergebnis von 29,3 dB (Tabelle 6.5, Nr. 1) am offenen unbedämpften Zuluft-Kastenfenster ist die resultierende bewertete Schalldämmung des Zuluft-Kastenfensters für die Schallübertragungswege A und B (ohne Schalldämpfer). Wie im Abschnitt 7.1 bereits erläutert, kann hieraus sowie mit der bewerteten Schalldämmung des Weges A die bewertete Schalldämmung für den Weg B mit 8,9 dB für den unbedämpften Kasten berechnet werden (Tabelle 7.3)

Tabelle 7.3: Bewertetes Schalldämm-Maß $R'_{w,R,B}$ des Kastens ohne Randbedämpfung für den Schallübertragungsweg B

Nr.	Gesamtfläche	Fläche Fenster	Fläche Wand	korrigiertes bewertetes Schalldämm-Maß des Kastenfensters	resultierendes bewertetes Schalldämm-Maß des Zuluft-Kastenfensters	bewertetes Schalldämm-Maßes des Kastens
	S_{ges} [m ²]	S_A [m ²]	S_B [m ²]	$R'_{w,R,A}$ [dB]	$R'_{w,res}$ [dB]	$R'_{w,R,B}$ [dB]
1	1,44	1,4271	0,0129	48,5	29,3	8,9

Auf das berechnete bewertete Schalldämm-Maß $R'_{w,R,B}$ des Schallübertragungsweges B (Tabelle 7.3) wird die Durchgangsdämpfung D_L der entsprechend eingebrachten Randbedämpfung in den Kasten (Tabelle 7.1) angewendet und die jeweils resultierende bewertete Schalldämmung der Wege A und B ermittelt (Tabelle 7.4). Die berechneten resultierenden bewerteten Schalldämm-Maße $R'_{w,R,res}$ und deren Vergleich mit den gemessenen bewerteten Bau-Schalldämm-Maßen $R'_{45^\circ,w}$ des Prüfobjektes sind in den Tabellen 7.4 und 7.5 enthalten.

Tabelle 7.4: Resultierende bewertete Schalldämm-Maße $R'_{w,R,res}$ des Zuluft-Kastenfensters ohne/mit Randbedämpfung der Schallübertragungswege A und B

Nr.	Gesamtfläche S_{ges} [m ²]	Fläche Fenster S_A [m ²]	Fläche Wand S_B [m ²]	korrigiertes bewertetes Schalldämm-Maß des Kastenfensters $R'_{w,R,A}$ [dB]	bewertetes Schalldämm-Maß des Kastens $R'_{w,R,(B+D_L)}$ [dB]	resultierendes bewertetes Schalldämm-Maß des Zuluft-Kastenfensters $R'_{w,R,res}$ [dB]
1	1,44	1,4271	0,0129	48,5	8,9	29,3
2	1,44	1,4271	0,0129	48,5	10,5	30,9
3	1,44	1,4271	0,0129	48,5	10,5	30,9
4	1,44	1,4271	0,0129	48,5	12,1	32,5
5	1,44	1,4271	0,0129	48,5	13,6	33,9
6	1,44	1,4271	0,0129	48,5	15,2	35,5
7	1,44	1,4271	0,0129	48,5	15,2	35,5
8	1,44	1,4271	0,0129	48,5	16,8	37,0

Tabelle 7.5: Vergleich resultierende bewertete Schalldämm-Maße $R'_{w,R,res}$ und bewertete Bau-Schalldämm-Maße $R'_{45^\circ,w}$ des Zuluft-Kastenfensters ohne/mit Randbedämpfung

Nr.	resultierendes bewertetes Schalldämm-Maß des Zuluft-Kastenfensters $R'_{w,R,res}$ [dB]	bewertetes Bau-Schalldämm-Maß des Zuluft-Kastenfensters $R'_{45^\circ,w}$ [dB]	Differenz aus resultierendem bewertetem Schalldämm-Maß $R'_{w,R,res}$ und bewertetem Bau-Schalldämm-Maß $R'_{45^\circ,w}$ des Zuluft-Kastenfensters $\Delta R'_{w,R}$ [dB]
1	29,3	29,3	0,0
2	30,9	31,6	-0,7
3	30,9	31,4	-0,5
4	32,5	33,9	-1,4
5	33,9	35,4	-1,5
6	35,5	36,2	-0,7
7	35,5	36,7	-1,2
8	37,0	37,7	-0,7

Die berechneten resultierenden bewerteten Schalldämm-Maße $R'_{w,R,res}$ des Zuluft-Kastenfensters aus den Tabellen 7.4 und 7.5 sind nahezu identisch mit den gemessenen bewerteten Bau-Schalldämm-Maßen $R'_{45^\circ,w}$ des Zuluft-Kastenfensters. Die bis zu ca. 1,5 dB Differenz zwischen diesen beiden bewerteten Schalldämmwerten sind sowohl auf Messunsicherheiten (Abschnitt 7.1) als auch auf Unsicherheiten bei der Berechnung der Einfügungsdämpfung zurückzuführen. Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass sich mit der hier gewählten Modellbildung die schalltechnischen Verhältnisse am Zuluft-Kastenfenster gut beschreiben lassen.

Die bewertete Schalldämmung des Zuluft-Kastenfensters im Normalbetrieb verbessert sich, je mehr Randbedämpfung in den Kasten eingebracht wird. Es ist auf jeden Fall zu empfehlen, mindestens eine Randbedämpfung an beiden Seiten und oben im Kasten vorzunehmen (bewertetes Bau-Schalldämm-Maß $R'_{45^\circ, w} = 35$ dB). Dieses entspräche laut Möser [12] mindestens einem Einfachfenster mit normalem Isolierglas (Bereich von $R_w = 32 \dots 34$ dB). Auch sollte bezüglich der weiteren Möglichkeit einer Erhöhung der frequenzabhängigen bzw. bewerteten Schalldämmung über ein inneres Einfachfenster, bestehend aus einer dicht schließenden Rahmenkonstruktion, nachgedacht werden.

7.2.3 Kastenfenster (Zustand 4 des Prüfobjektes)

Einen Überblick der messtechnisch ermittelten bewerteten Bau-Schalldämm-Maße $R'_{45^\circ, w}$ des Prüfobjektes als Kastenfenster ohne und mit Randbedämpfung gibt die Tabelle 6.6. Der Multiplot (Abbildung 7.3) enthält die ausgesuchten Kurven der frequenzabhängigen Bau-Schalldämm-Maße R'_{45° mit den Nr. 1, 4, 9 und 11 aus der Tabelle 6.6 für eine detaillierte Auswertung.

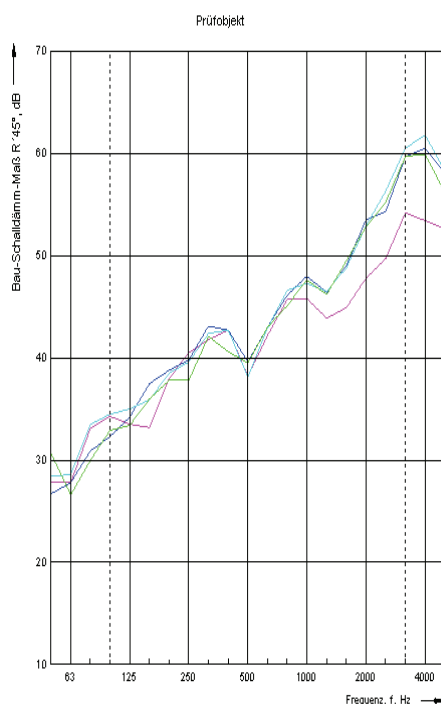


Abbildung 7.3: Multiplot der frequenzabhängigen Bau-Schalldämm-Maße R'_{45° des Kastenfensters (alle Lüftungsöffnungen zu)

- ohne Randbedämpfung; $R'_{45^\circ, w} = 45,7$ dB (Tabelle 6.6, Nr. 1)
- mit Randbedämpfung (Dicke 1,5 cm) an beiden Seiten, oben und unten im Kasten; $R'_{45^\circ, w} = 47,5$ dB (Tabelle 6.6, Nr. 9)
- ohne Randbedämpfung, äußeres Lüftungselement abgedichtet, inneres Lüftungselement und komplettes Innenfenster abgedichtet; $R'_{45^\circ, w} = 47,2$ dB (Tabelle 6.6, Nr. 4)
- mit Randbedämpfung (Dicke 1,5 cm) an beiden Seiten, oben und unten im Kasten sowie zusätzlich mit Randbedämpfung (Dicke 4,0 cm) an beiden Seiten und unten; $R'_{45^\circ, w} = 46,8$ dB (Tabelle 6.6, Nr. 11)

Aus den Messergebnissen (Tabelle 6.6) und insbesondere aus dem Multiplot (Abbildung 7.3) geht hervor, dass es praktisch keine Unterschiede zwischen den einzelnen bewerteten Bau-Schalldämm-Maßen $R'_{45^\circ, w}$ bzw. frequenzabhängigen Bau-Schalldämm-Maßen R'_{45° des zusätzlich abgedichteten Prüfobjektes und der verschiedenen Bedämpfungsvarianten des Kastens gibt. Allerdings ist auffallend, dass das Prüfobjekt ohne Randbedämpfung im hohen Frequenzbereich (ab 800 Hz bis zu den gemessenen 5000 Hz) einen Einbruch der Schalldämmung erleidet, welches auf die im Abschnitt 7.1 erläuterten Undichtheiten zurückzuführen ist. Die Randbedämpfung im Kasten des Prüfobjektes kompensiert anscheinend nur diese vorhandenen Undichtheiten. Dabei ist es offensichtlich unerheblich, welche Schichtdicke das Absorptionsmaterial aufweist, sofern eine vollständige einfache Randbedämpfung im Kasten vorhanden ist.

Die Berechnung mit der empirisch hergeleiteten Gleichung (1) des bewerteten Schalldämm-Maßes R_w für ein Kastenfenster (Abschnitt 3.2.2) ergibt 55,5 dB [7] [8]. Bei den gemessenen bewerteten Bau-Schalldämm-Maßen $R'_{45^\circ, w}$ des Kastenfensters (niedrigster gemessener Wert 45,7 dB, Tabelle 6.6, Nr. 1) gibt es durch den geringen Abstand zur wirksamen Grenzschalldämmung des Prüfstandes von 48 dB große Messunsicherheiten (s. Abschnitte 5.4 und 7.1), die zu korrigieren sind. Dazu wird zunächst das korrigierte bewertete Schalldämm-Maß $R'_{w,R,2}$ des Prüfobjektes mit der Gleichung (5) berechnet. Die Vorgehensweise erfolgt in gleicher Weise, wie es bereits in den Abschnitten 7.1 und 7.2.2 erläutert wurde. Erst die so korrigierten gemessenen Werte der bewerteten Schalldämmung werden mit den theoretischen Werten der bewerteten Schalldämmung eines Kastenfensters verglichen (Tabellen 7.6 und 7.7).

Tabelle 7.6: Korrigierte bewertete Schalldämm-Maße $R'_{w,R,2}$ des Kastenfensters ohne/mit Randbedämpfung

Nr.	Gesamtfläche S_{ges} [m²]	Fläche Fenster S_2 [m²]	Fläche Wand S_1 [m²]	bewertetes Schalldämm-Maß der Außenwand $R'_{w,R,1}$ [dB]	korrigiertes resultierendes bewertetes Schalldämm-Maß von Kastenfenster und Wand $R'_{w,R,res}$ [dB]	korrigiertes bewertetes Schalldämm-Maß des Kastenfensters $R'_{w,R,2}$ [dB]
1	7,98	1,44	6,54	55,4	53,1	48,5
2	7,98	1,44	6,54	55,4	53,9	50,2
3	7,98	1,44	6,54	55,4	54,0	50,5
4	7,98	1,44	6,54	55,4	54,6	52,1
5	7,98	1,44	6,54	55,4	53,9	50,2
6	7,98	1,44	6,54	55,4	52,9	48,1
7	7,98	1,44	6,54	55,4	54,0	50,5
8	7,98	1,44	6,54	55,4	54,2	51,0
9	7,98	1,44	6,54	55,4	54,9	53,2
10	7,98	1,44	6,54	55,4	54,3	51,3
11	7,98	1,44	6,54	55,4	54,2	51,0

Tabelle 7.7: Vergleich korrigierte bewertete Schalldämm-Maße $R'_{w,R,2}$ und berechnete bewertete Schalldämm-Maße R_w des Kastenfensters ohne/mit Randbedämpfung

Nr.	korrigiertes bewertetes Schalldämm-Maß des Kastenfensters $R'_{w,R,2}$ [dB]	berechnetes bewertetes Schalldämm-Maß des Kastenfensters R_w [dB]	Differenz aus korrigiertem bewertetem Schalldämm-Maß $R'_{w,R,2}$ und berechnetem bewertetem Schalldämm-Maß R_w des Kastenfensters $\Delta R'_{w,R}$ [dB]
1	48,5	55,5	-7,0
2	50,2	55,5	-5,3
3	50,5	55,5	-5,0
4	52,1	55,5	-3,4
5	50,2	55,5	-5,3
6	48,1	55,5	-7,4
7	50,5	55,5	-5,0
8	51,0	55,5	-4,5
9	53,2	55,5	-2,3
10	51,3	55,5	-4,2
11	51,0	55,5	-4,5

Die Differenzen zwischen den korrigierten bewerteten Schalldämm-Maßen $R'_{w,R,2}$ und den berechneten bewerteten Schalldämm-Maßen R_w liegen zwischen 2,3 dB bis 7,4 dB (Tabelle 7.7). Die größeren Unterschiede sind offensichtlich auf die beschriebenen Undichtheiten im Abschnitt 7.1 und darauf zurückzuführen, dass es sich hier um eine rahmenlose, zweiflüglige Innenverglasung handelt, die natürlich nicht der Gleichung (1) zu Grunde liegt. Bemerkenswert ist allerdings die relativ gute Übereinstimmung der Messwerte beim zusätzlich abgedichteten und bedämpften Kastenfenster mit dem Rechenwert nach Gleichung (1), was durchaus auch eine weitere Bestätigung dieses Rechenansatzes ist.

Ausgehend von den korrigierten bewerteten Schalldämm-Maßen $R'_{w,R,2}$ des Prüfobjektes als Kastenfenster, sollte eine Ausführung mit einer Randbedämpfung im Kasten erfolgen, da diese die schalltechnischen Undichtheiten des Innenfensters teilweise kompensieren kann. Auch hier ist die Nutzung des Kastens ausschlaggebend für die Ausgestaltung der Randbedämpfung. Vorzugsweise sollte die Wahl auf einen mit Absorbern (möglichst hoher bewerteter Schallabsorptionsgrad α_w) voll ausgekleideten Kasten fallen. In diesem Fall wird eine bewertete Schalldämmung von 53,2 dB erreicht (Tabelle 7.6). Nach Möser [12] ist dieser Wert des Prüfobjektes als Kastenfenster mit geschlossenen Lüftungselementen mit einem Kastenfenster ohne Lüftungselemente (Bereich von $R_w = 45 \dots 60$ dB) vergleichbar. Der angegebene Bereich der bewerteten Schalldämmung eines Kastenfensters laut Möser [12] wird dennoch unabhängig von der Nutzung einer Randbedämpfung mit dem Prüfobjekt als Kastenfenster erreicht.

7.3 Untersuchung von zusätzlichen Absorptionsschalldämpfern

7.3.1 Außenfenster allein (Zustand 1 des Prüfobjektes)

Das Messergebnis des bewerteten Bau-Schalldämm-Maßes $R'_{45^\circ,w}$ des Außenfensters mit zusätzlichem Absorptionsschalldämpfer an der Innenseite des Lüftungselements ist in der Tabelle 6.7 dargestellt. Im Multiplot (Abbildung 7.4) sind die frequenzabhängigen Bau-Schalldämm-Maße des Außenfensters im Zustand 1 zum einen mit zusätzlichem Absorptionsschalldämpfer am äußeren Lüftungselement (Tabelle 6.7, Nr. 1) und zum anderen ohne eine schalltechnische Maßnahme (Tabelle 6.3, Nr. 1) abgebildet.

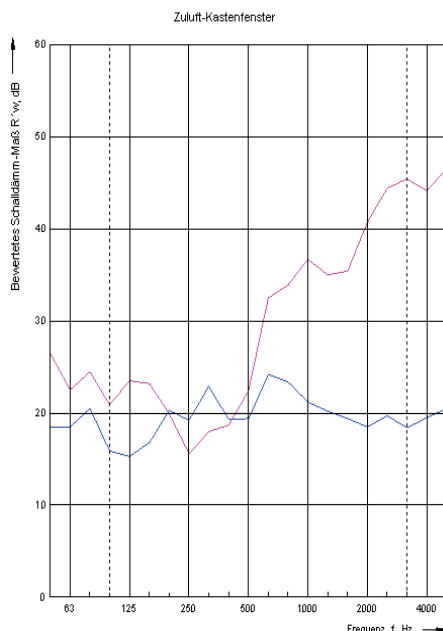


Abbildung 7.4: Multiplot der frequenzabhängigen Bau-Schalldämm-Maße R'_{45° des Außenfensters allein (Lüftungsöffnung auf)

- mit Absorptionsschalldämpfer am äußeren Lüftungselement und mit Randbedämpfung (Dicke 1,5 cm) unten im Kasten; $R'_{45^\circ,w}$ 29,6 dB (Tabelle 6.7, Nr. 1)
- ohne Randbedämpfung; $R'_{45^\circ,w}$ 20,7 dB (Tabelle 6.3, Nr. 1)

Aus dem Multiplot (Abbildung 7.4) wird ersichtlich, dass das Außenfenster mit einem zusätzlichen Absorptionsschalldämpfer am Lüftungselement gegenüber dem Außenfenster ohne Absorptionsschalldämpfer eine beachtliche Verbesserung der frequenzabhängigen Schalldämmung im mittleren bis hohen Frequenzbereich und der bewerteten Schalldämmung von ca. 9 dB erfährt.

Es gilt nun zu prüfen, ob die theoretische Einfügungsdämpfung mit der gemessenen Einfügungsdämpfung übereinstimmt. Mit der Gleichung (2), der Näherungsformel nach Pieping (Abschnitt 3.2.2), wird eine Durchgangsdämpfung D_L des Absorptionsschalldämpfers von 9,6 dB ermittelt.

Die Schallübertragung durch das Außenfenster basiert wie das angenommene Modell bei dem Zuluft-Kastenfenster auf zwei Hauptübertragungswegen (Abbildung 7.1). Der Weg A ist die Schallübertragung durch die Verglasung (Transmission), und der Weg B ist die Schallübertragung durch den Öffnungsschlitz. Diese beiden Schallhauptübertragungswege A und B gilt es nun zu bestimmen. Der Weg A ist die gemessene Schalldämmung des Außenfensters im Zustand 2 mit geschlossenem sowie zusätzlich abgedichtetem Lüftungselement (Tabelle 6.4, Nr. 2). Es wird angenommen, dass dies der Schalldämmung eines Außenfensters ohne Lüftungselement entspricht. Die resultierende bewertete Schalldämmung ist das Messergebnis des Außenfensters mit Absorptionsschalldämpfer von 29,6 dB. Mit den gegebenen Werten lässt sich mit der Gleichung (5) die bewertete Schalldämmung des Weges B mit 9,9 dB ermitteln (Tabelle 7.8).

Tabelle 7.8: Bewertetes Schalldämm-Maß $R'_{w,R,B}$ des Außenfensters mit zusätzlichem Absorptionsschalldämpfer

Nr.	Gesamtfläche	Fläche Fenster	Fläche Wand	bewertetes Schalldämm-Maß des Außenfensters	resultierendes bewertetes Schalldämm-Maß des Außenfensters	bewertetes Schalldämm-Maßes des Absorptionsschalldämpfers
	S_{ges} [m ²]	S_2 [m ²]	S_1 [m ²]	$R'_{w,R,A}$ [dB]	$R'_{w,R,res}$ [dB]	$R'_{w,R,B}$ [dB]
1	1,44	1,4271	0,0129	37,6	29,6	9,9

Die berechnete bewertete Schalldämmung des Absorptionsschalldämpfers (Schallübertragungsweg B) am Außenfenster ist nahezu gleich der ermittelten Einfügungsdämpfung dieses Schalldämpfers. Es ist ein Unterschied von 0,3 dB zu verzeichnen, der vernachlässigbar gering erscheint. Die Undichtheiten des Lüftungselements am Außenfenster werden von dem Absorptionsschalldämpfer offensichtlich kompensiert.

Für die erzielte bewertete Schalldämmung des Prüfobjektes als Außenfenster allein mit zusätzlichem Absorptionsschalldämpfer am Lüftungselement von 29,6 dB ist nach Möser [12] fast vergleichbar mit einem geschlossenen Einfachfenster mit normalem Isolierglas (Bereich von $R_w = 32 \dots 34$ dB).

7.3.2 Zuluft-Kastenfenster (Zustand 3 des Prüfobjektes)

Die Messergebnisse des bewerteten Bau-Schalldämm-Maßes $R'_{45^\circ,w}$ des Zuluft-Kastenfensters mit Absorptionsschalldämpfer am äußeren und/oder inneren Lüftungselement sind in der Tabelle 6.7 aufgeführt. Der Multiplot (Abbildung 7.5) enthält die ausgesuchten frequenzabhängigen Schalldämmkurven (Tabelle 6.7, Nr. 2, 4 und 5) für eine detaillierte Auswertung.

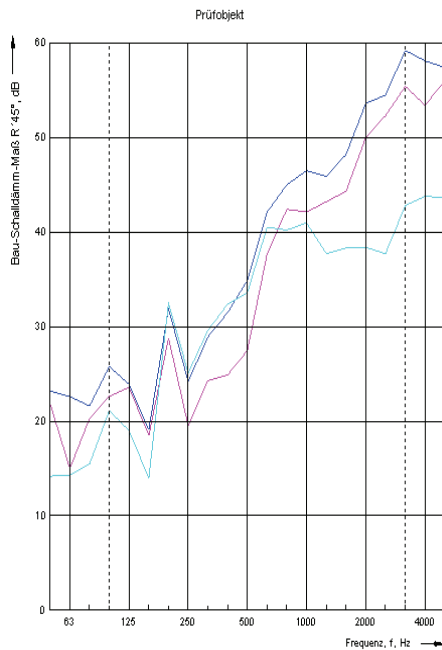


Abbildung 7.5: Multiplot der Kurven des frequenzabhängigen Bau-Schalldämm-Maße R'_{45° des Zuluft-Kastenfensters (Normalbetrieb)

- mit Absorptionsschalldämpfer am äußeren Lüftungselement und mit Randbedämpfung (Dicke 1,5 cm) unten im Kasten; $R'_{45^\circ, w}$ 34,3 dB (Tabelle 6.7, Nr. 2)
- mit Absorptionsschalldämpfer am äußeren und inneren Lüftungselement und mit Randbedämpfung (Dicke 1,5 cm) unten im Kasten; $R'_{45^\circ, w}$ 39,1 dB (Tabelle 6.7, Nr. 5)
- mit Absorptionsschalldämpfer am inneren Lüftungselement und komplettes Innenfenster abgedichtet; $R'_{45^\circ, w}$ 36,2 dB (Tabelle 6.7, Nr. 4)

Im Multiplot (Abbildung 7.5) ist zu erkennen, dass die akustische Wirksamkeit beim Zuluft-Kastenfenster mit Außenschalldämpfer allein im tiefen sowie hohen Frequenzbereich und beim Zuluft-Kastenfenster mit Innenschalldämpfer allein im mittleren Frequenzbereich am größten ist. Die höchste Schalldämmung wird, wie zu erwarten, bei Verwendung eines Innen- und Außenschalldämpfers erreicht.

Ohne die Abdichtung des Innenfensters kommt es durch die an dieser Stelle vorhandenen Undichtheiten (s. Abschnitt 7.1) im hochfrequenten Bereich zu einem beträchtlichen Einbruch der Schalldämmung (s. Anlage, Teil 5 – Bau-Schalldämm-Kurvenblätter). Deshalb ist an dieser Stelle anzumerken, dass für die Messung des inneren Schalldämpfers zusätzlich das Innenfenster abgedichtet war, so dass dieser offensichtlich durch das undichte Innenfenster hervorgerufene Einbruch der Schalldämmung im hohen Frequenzbereich stark vermindert bzw. nahezu aufgehoben wurde. Aufgrund, dass ein Innenschalldämpfer nicht ohne einen Außenschalldämpfer zum Einsatz kommen würde, da der eintreffende Schall gewöhnlich an der ersten Öffnung idealerweise schon gemindert werden sollte, wird das Messergebnis für das Zuluft-Kastenfenster mit Innenschalldämpfer und abgedichteter Innenverglasung zum Vergleich der theoretischen und der gemessenen Durchgangsdämpfungen D_L des Innenschalldämpfers verwendet. Ein abgedichtetes Innenfenster war allerdings nicht bei den anderen beiden Messungen gegeben, so dass diese mit den gesamten Undichtheiten des Innenfensters ermittelt wurden.

Die Durchgangsdämpfung D_L der Schalldämpfer wird mit der Näherungsformel nach Pie-ning, Gleichung (2), bestimmt (Abschnitt 3.2.2). Für den äußeren Absorptionsschalldämpfer ergibt sich rechnerisch eine Einfügungsdämpfung von 9,6 dB und für den inneren Absorptionsschalldämpfer eine Einfügungsdämpfung von 11,1 dB.

Welche gemessene akustische Wirkung die einzelnen Schalldämpfer des Zuluft-Kastenfensters im Normalbetrieb haben, ist mit der Gleichung (5) zu prüfen. Zunächst müssen die zwei Hauptschallübertragungswege A und B durch das Zuluft-Kastenfenster ermittelt werden. Der Weg A ist das korrigierte Messergebnis der bewerteten Schalldämmung des geschlossenen Kastenfensters. Die Korrektur erfolgt wegen des nicht vorhandenen 10-dB-Abstandes zur wirksamen Grenzschalldämmung (Abschnitt 5.4) mit der Gleichung (5). Die weitere Verfahrensweise der bewerteten Schalldämmungskorrektur geschieht in gleicher Weise, wie sie bereits in den Abschnitten 7.1 und 7.2.2 beschrieben wurde. Die korrigierten bewerteten Schalldämmungen des Kastenfensters werden für den unbedämpften Kasten ohne und mit zusätzlich abgedichteten Fugen der inneren Fenster-ebene bestimmt (Tabelle 6.6, Nr. 1 und 4). Sie sind der Tabelle 7.9 zu entnehmen.

Tabelle 7.9: Korrigierte bewertete Schalldämm-Maße $R'_{w,R,A}$ des Kastenfensters ohne Randbe-dämpfung und/oder zusätzlich abgedichtetem Innenfenster für den Schall-übertragungsweg A

Nr.	Gesamt-fläche S_{ges} [m ²]	Fläche Fenster S_2 [m ²]	Fläche Wand S_1 [m ²]	bewertetes Schalldämm-Maß der Außenwand $R'_{w,R,1}$ [dB]	korrigiertes resultieren-des bewertetes Schall-dämm-Maß von Wand und Kastenfenster $R'_{w,R,res}$ [dB]	korrigiertes bewertetes Schalldämm-Maß des Kastenfensters $R'_{w,R,2} = R'_{w,R,A}$ [dB]
1	7,98	1,44	6,54	55,4	53,1	48,5
2	7,98	1,44	6,54	55,4	54,6	52,1

Eine weitere Korrektur der bewerteten Schalldämmung muss zudem für das Messergeb-nis 39,1 dB des Zuluft-Kastenfensters mit einem äußeren und inneren Schalldämpfer auf-grund der Nähe zur Grenzschalldämmung vorgenommen werden (Tabelle 6.7, Nr. 5). Die Korrektur ergibt ein bewertetes Bau-Schalldämm-Maß $R'_{45^\circ,w}$ von 39,5 dB (Tabelle 7.10).

Tabelle 7.10: Korrigiertes bewertetes Bau-Schalldämm-Maß $R'_{45^\circ,w}$ des Zuluft-Kastenfensters mit zusätzlichem äußeren und inneren Absorptionsschalldämpfer

Nr.	Gesamt-fläche S_{ges} [m ²]	Fläche Fenster S_2 [m ²]	Fläche Wand S_1 [m ²]	bewertetes Schalldämm-Maß der Außenwand $R'_{w,R,1}$ [dB]	korrigiertes resultieren-des bewertetes Schall-dämm-Maß von Wand und Zuluft-Kastenfenster $R'_{w,R,res}$ [dB]	korrigiertes bewertetes Bau-Schalldämm-Maß des Zuluft-Kastenfensters $R'_{45^\circ,w}$ [dB]
1	7,98	1,44	6,54	55,4	46,5	39,5

Mit der Ermittlung der korrigierten bewerteten Schalldämmung des Schallübertragungsweges A in der Tabelle 7.9 und der gemessenen bewerteten Schalldämmung von 29,3 dB (Tabelle 6.5, Nr. 3) des unbedämpften Zuluft-Kastenfensters im Normalbetrieb als resultierende bewertete Schalldämmung lässt sich mit der Gleichung (5) der Schallübertragungsweg B des unbedämpften Kastens ohne und mit einem abgedichteten Innenfenster berechnen (Tabelle 7.11).

Tabelle 7.11: Bewertete Schalldämm-Maße $R'_{w,R,B}$ des Kastens ohne Randbedämpfung und/oder zusätzlich abgedichtetem Innenfenster für den Schallübertragungsweg B

Nr.	Gesamtfläche S_{ges} [m ²]	Fläche Fenster S_A [m ²]	Fläche Wand S_B [m ²]	korrigiertes bewertetes Schalldämm-Maß des Kastenfensters $R'_{w,R,A}$ [dB]	resultierendes bewertetes Schalldämm-Maß des Zuluft-Kastenfensters $R'_{w,R,res}$ [dB]	bewertetes Schalldämm-Maßes des Kastens $R'_{w,R,B}$ [dB]
1	1,44	1,4271	0,0129	48,5	29,3	8,9
2	1,44	1,4271	0,0129	52,1	29,3	8,8

Die berechnete Durchgangsdämpfung D_L des äußeren und/oder inneren Absorptionsschalldämpfers muss entsprechend bei dem ermittelten bewerteten Schalldämm-Maß $R'_{w,R,B}$ des Schallübertragungsweges B berücksichtigt werden, um die jeweiligen resultierenden bewerteten Schalldämmungen beider Schallübertragungswege A und B mit der Gleichung (5) zu berechnen (Tabelle 7.12). Der Vergleich zwischen den berechneten resultierenden bewerteten Schalldämm-Maßen $R'_{w,R,res}$ und den gemessenen bewerteten Bau-Schalldämm-Maßen $R'_{45^\circ,w}$ des Zuluft-Kastenfensters mit äußerem und/oder innerem Absorptionsschalldämpfer sind den Tabellen 7.13 und 7.14 zu entnehmen.

Tabelle 7.12: Resultierende bewertete Schalldämm-Maße $R'_{w,R,res}$ des Zuluft-Kastenfensters mit zusätzlichem äußerem und/oder inneren Absorptionsschalldämpfer

Nr.	Gesamtfläche S_{ges} [m ²]	Fläche Fenster S_A [m ²]	Fläche Wand S_B [m ²]	korrigiertes bewertetes Schalldämm-Maß des Kastenfensters $R'_{w,R,A}$ [dB]	bewertetes Schalldämm-Maß des Kastens $R'_{w,R,(B+D_L)}$ [dB]	resultierendes bewertetes Schalldämm-Maß des Zuluft-Kastenfensters $R'_{w,R,res}$ [dB]
1	1,44	1,4271	0,0129	48,5	18,5	38,5
2	1,44	1,4081	0,0319	52,1	19,9	36,3
3	1,44	1,4081	0,0319	48,5	29,6	44,2

Tabelle 7.13: Vergleich resultierende bewertete Schalldämm-Maße $R'_{w,R,res}$ und bewertete Bau-Schalldämm-Maße $R'_{45^\circ,w}$ mit zusätzlichem äußerem oder inneren Absorptionsschalldämpfer

Nr.	resultierendes bewertetes Schalldämm-Maß des Zuluft-Kastenfensters $R'_{w,R,res}$ [dB]	bewertetes Bau-Schalldämm-Maß des Zuluft-Kastenfensters $R'_{45^\circ,w}$ [dB]	Differenz aus resultierendem bewertetem Schalldämm-Maß $R'_{w,R,res}$ und bewertetem Bau-Schalldämm-Maß $R'_{45^\circ,w}$ des Zuluft-Kastenfensters $\Delta R'_{w,R}$ [dB]
1	38,5	34,3	4,2
2	36,3	36,2	0,1

Tabelle 7.14: Vergleich resultierendes bewertetes Schalldämm-Maß $R'_{w,R,res}$ und korrigiertes bewertetes Bau-Schalldämm-Maß $R'_{45^\circ,w}$ mit zusätzlichem äußeren und inneren Absorptionsschalldämpfer

Nr.	resultierendes bewertetes Schalldämm-Maß des Zuluft-Kastenfensters $R'_{w,R,res}$ [dB]	korrigiertes bewertetes Bau-Schalldämm-Maß des Zuluft-Kastenfensters $R'_{45^\circ,w}$ [dB]	Differenz aus resultierendem bewertetem Schalldämm-Maß $R'_{w,R,res}$ und korrigiertem bewertetem Bau-Schalldämm-Maß $R'_{45^\circ,w}$ des Zuluft-Kastenfensters $\Delta R'_{w,R}$ [dB]
3	44,2	39,5	4,7

Im abgedichteten Zustand des Prüfobjektes mit zusätzlichem inneren Absorptionsschalldämpfer (Tabelle 7.13, Nr. 2) ist dessen berechnete und gemessene bewertete Schalldämmung nahezu gleich. Der sehr geringe Unterschied von 0,1 dB ist vernachlässigbar klein. Dieses Ergebnis konnte erreicht werden durch Beseitigung der Undichtheiten an der inneren Fensterebene (Abschnitt 7.1). Mit dem Einfluss dieser Undichtheiten ergeben sich Abweichungen bis etwa 5 dB zwischen den Messergebnissen und der theoretischen Berechnung.

Unter Berücksichtigung des soeben Gesagten, wie Korrektur der bewerteten Schalldämmung und Existenz von nur zwei Hauptschallübertragungswegen, wird auch hier der theoretische Ansatz zur Bestimmung der schalltechnischen Verhältnisse am Zuluft-Kastenfenster mit der Annahme, dass nur zwei Hauptschallübertragungswege (Abbildung 7.1) existieren, bestätigt. Dennoch sollten auch hier die theoretischen und messtechnisch ermittelten Schalldämmungen durch weitere Untersuchungen abgesichert werden.

Die korrigierte bewertete Schalldämmung des Zuluft-Kastenfensters mit zwei zusätzlichen Absorptionsschalldämpfern von 39,5 dB entspricht laut Möser [12] einem Einfachfenster mit schwerem Isolierglas (Bereich von $R_w = 38 \dots 40$ dB) und einem Verbundfenster in Normalausführung (Bereich von $R_w = 37 \dots 40$ dB).

7.4 Untersuchung einer Jalousie als Sonnenschutzmaßnahme im Zwischenraum

Die bewerteten Bau-Schalldämm-Maße $R'_{45^\circ,w}$ des Zuluft-Kastenfensters im Normalbetrieb mit sommerlicher Wärmeschutzmaßnahme als Jalousie sind in der Tabelle 6.8 aufgeführt. Eine Sonnenschutzmaßnahme in Form einer Jalousie im Scheibenzwischenraum mit unterschiedlicher Lamellenstellung hat keinen nennenswerten Einfluss auf die Schalldämmung.

7.5 Untersuchung verschiedener Luftdurchsätze

Die bewerteten Bau-Schalldämm-Maße $R'_{45^\circ, w}$ des Zuluft-Kastenfensters im Normalbetrieb sind den Tabellen 6.9 bis 6.12 zu entnehmen. Als Multiplot-Darstellung (Abbildung 7.6) sind nur die frequenzabhängigen Schalldämmkurven des Zuluft-Kastenfensters mit Randbedämpfungsmaßnahmen eines voll ausgekleideten Kastens unter Verwendung des Blower-Door-Ventilators abgebildet (Tabelle 6.12), da sich für die unterschiedlich erzeugten Luftwechselraten mit und ohne Randbedämpfungsmaßnahmen mit Hilfe der Abluftanlage oder des Blower-Door-Ventilators keine andere Interpretation der Ergebnisse ergibt.

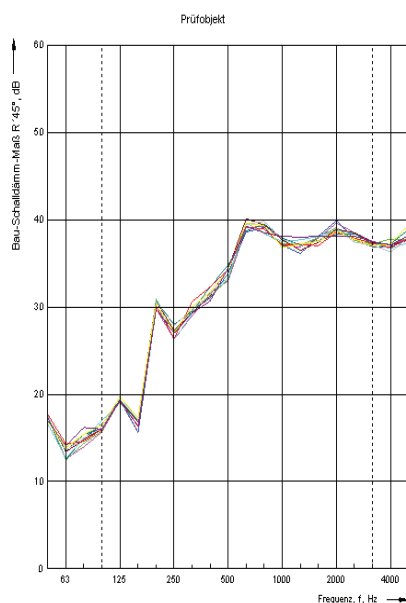


Abbildung 7.6: Multiplot der frequenzabhängigen Bau-Schalldämm-Maße R'_{45° des Zuluft-Kastenfensters (Normalbetrieb)

- Regelstufe 1; $R'_{45^\circ, w}$ 35,9 dB (Tabelle 6.12, Nr. 1)
- Regelstufe 2; $R'_{45^\circ, w}$ 36,0 dB (Tabelle 6.12, Nr. 2)
- Regelstufe 3; $R'_{45^\circ, w}$ 35,9 dB (Tabelle 6.12, Nr. 3)
- Regelstufe 6; $R'_{45^\circ, w}$ 36,1 dB (Tabelle 6.12, Nr. 6)
- Regelstufe 7; $R'_{45^\circ, w}$ 36,1 dB (Tabelle 6.12, Nr. 7)
- Regelstufe 8; $R'_{45^\circ, w}$ 36,3 dB (Tabelle 6.12, Nr. 8)
- Regelstufe 9; $R'_{45^\circ, w}$ 36,2 dB (Tabelle 6.12, Nr. 9)
- Regelstufe 10; $R'_{45^\circ, w}$ 36,1 dB (Tabelle 6.12, Nr. 10)
- Regelstufe 11; $R'_{45^\circ, w}$ 36,2 dB (Tabelle 6.12, Nr. 11)
- Regelstufe 12; $R'_{45^\circ, w}$ 36,1 dB (Tabelle 6.12, Nr. 12)

Laut Recknagel; Sprenger; Schramek [13] wird für Wohn-, Aufenthalts- und Schlafräume eine hygienische Luftwechselrate von $0,5 - 1 \text{ h}^{-1}$ empfohlen. Nach DIN 4108 Teil 2 [14] ist der hygienische Mindestluftwechsel $\geq 0,5 \text{ h}^{-1}$. Bei der Messdurchführung wurden auch wesentlich höhere Luftwechselraten realisiert, so dass die ermittelten Messergebnisse im Abschnitt 6.2.4 und in dem Multiplot (Abbildung 7.6) deutlich werden lassen, dass das frequenzabhängige Bau-Schalldämm-Maß R'_{45° bzw. das bewertete Bau-Schalldämm-Maß $R'_{45^\circ, w}$ des Zuluft-Kastenfensters nicht von der Höhe des Luftvolumenstromes durch das Zuluft-Kastenfensters abhängig ist. Es spielt dabei auch keine Rolle, ob die Messungen ohne oder mit einer Randbedämpfung erfolgten.

8 Vergleich mit Anforderungen/Einsatzmöglichkeiten

Als interessant erweist sich nun die Frage, welche Anforderungen das eingebaute Prüfobjekt in den einzelnen untersuchten Betriebszuständen nach den geltenden Regelwerken erreicht. Welchen baulichen Schallschutz Außenbauteile aufweisen müssen bzw. sollten, sind in den Regelwerken DIN 4109 [15] und VDI 2719 [20] definiert.

Ausgangspunkt der Beurteilung der Anforderungen an die Luftschalldämmung von Außenbauteilen ist die DIN 4109 [15], Seite 13, Tabelle 8. Um mit dieser Tabelle 8 arbeiten zu können, wird das resultierende bewertete Schalldämm-Maß $R'_{w,R,res}$ der Fassade benötigt, um die Lärmpegelbereiche mit den dazugehörigen maßgeblichen Außenlärmpegeln bestimmen zu können (Tabelle 8.2).

Die Berechnung der resultierenden bewerteten Schalldämmung der Fassade erfolgt nach Gleichung (5). Das bewertete Schalldämm-Maß $R'_{w,R,1}$ der Wand beträgt 55,4 dB. Die ausgesuchten Messergebnisse des bewerteten Bau-Schalldämm-Maßes $R'_{45^\circ,w}$ des Prüfobjektes sind der Tabelle 8.2 zu entnehmen. Die entsprechenden Flächen zur Berechnung sind bereits im Abschnitt 7.1 erläutert worden. Auch hier müssen die Messergebnisse des Prüfobjektes korrigiert werden, wenn kein ausreichender Abstand von mindestens 10 dB zur wirksamen Grenzschalldämmung der Außenwand gegeben ist (Vorgehensweise für Berechnung s. Abschnitte 7.1 und 7.2.2).

Als Nächstes erfolgt nach DIN 4109 [15] eine Korrektur des resultierenden bewerteten Schalldämm-Maßes $R'_{w,R,res}$ der Fassade in Abhängigkeit vom Flächenverhältnis der gesamten Außenbauteilfläche ($S_{(W+F)} = 7,98 \text{ m}^2$) zu der Grundfläche ($S_G = 9,81 \text{ m}^2$). Das Verhältnis der Flächen ($S_{(W+F)} / S_G$) ergibt ca. 0,8. Der Korrekturwert wird entsprechend dem berechneten Flächenverhältnis aus der Tabelle 9, Seite 13, Spalte 7, Zeile 2, bestimmt. Dieser beträgt 0 dB.

Die bewertete Schalldämmung von Fenstern wird zur Vereinfachung der Kennzeichnung, Auswahl und Ausschreibung von Fenstern in Schallschutzklassen von 1 – 6 eingeteilt, die jeweils einen 5-dB-Bereich des bewerteten Schalldämm-Maßes R'_w umfassen. Die VDI 2719 [20] definiert diese Schallschutzklassen (Tabelle 8.1). Eine Einteilung der ausgesuchten (korrigierten) bewerteten Bau-Schalldämm-Maße $R'_{45^\circ,w}$ des Prüfobjektes nach den Schallschutzklassen wird ebenfalls in der Tabelle 8.2 vorgenommen.

Tabelle 8.1: Definition der Schallschutzklassen von Fenstern (VDI 2719 [20] – Seite 5, Tabelle 2)

Spalte	1	2	3
Zeile	Schallschutzklasse	bewertetes Schalldämm-Maß R'_w des am Bau funktionsfähig eingebauten Fensters in dB	erforderliches bewertetes Schalldämm-Maß R'_w des im Prüfstand (P-F) eingebauten funktionsfähigen Fensters in dB
1	1	25 bis 29	≥ 27
2	2	30 bis 34	≥ 32
3	3	35 bis 39	≥ 37
4	4	40 bis 44	≥ 42
5	5	45 bis 49	≥ 47
6	6	≥ 50	≥ 52

Tabelle 8.2: Einteilung des Prüfobjektes in die Schallschutzklassen nach VDI 2719 [20]

Nr.	Zustandsbeschreibung des Prüfobjektes	(korrigiertes) bewertetes Bau-Schalldämm-Maß Fenster $R'_{45^\circ, w}$ [dB]	resultierendes bewertetes Schalldämm-Maß Fassade $R'_{w, R, res}$ [dB]	Lärmpegelbereich	maßgeblicher Außenlärmpegel [dB(A)]	Schallschutzklasse
1	Zustand 1 Außenfenster allein, Lüftungsöffnung auf; ohne Randbedämpfung (Tabelle 6.3, Nr. 1)	20,7 (20)	28,1 (28)	-	< 55	-
2	Zustand 1 Außenfenster allein, Lüftungsöffnung auf; mit zusätzlichem Absorptionsschalldämpfer am äußeren Lüftungselement (Tabelle 6.7, Nr. 1)	29,6 (29)	37,0 (37)	III	61 bis 65	1
3	Zustand 3 Normalbetrieb Zuluft-Kastenfenster; ohne Randbedämpfung (Tabelle 6.5, Nr. 1)	29,3 (29)	36,7 (36)	III	61 bis 65	1
4	Zustand 3 Normalbetrieb Zuluft-Kastenfenster; mit zusätzlichem Absorptionsschalldämpfer am äußeren Lüftungselement (Tabelle 6.7, Nr. 2)	34,3 (34)	41,6 (41)	IV	66 bis 70	2
5	Zustand 3 Normalbetrieb Zuluft-Kastenfenster; mit Randbedämpfung (Dicke 1,5 cm) an beiden Seiten, oben und unten im Kasten (Tabelle 6.7, Nr. 4)	36,2 (36)	43,4 (43)	IV	66 bis 70	3
6	Zustand 3 Normalbetrieb Zuluft-Kastenfenster; mit 2 zusätzlichen Absorptionsschalldämpfern am äußeren und inneren Lüftungselement (Tabelle 7.10, Nr. 1)	39,5 (39)	46,5 (46)	V	71 bis 75	3
7	Zustand 4 wie übliches Kastenfenster, alle Lüftungsöffnungen zu; ohne Randbedämpfung (Tabelle 7.6, Nr. 1)	48,5 (48)	53,1 (53)	VI	76 bis 80	5
8	Zustand 4 wie übliches Kastenfenster, alle Lüftungsöffnungen zu; mit Randbedämpfung (Dicke 1,5 cm) an beiden Seiten, oben und unten im Kasten (Tabelle 7.6, Nr. 9)	53,2 (53)	54,9 (54)	VI	76 bis 80	6

9 Zusammenfassung und Ausblick

In der vorliegenden Bachelor-Arbeit wurden die schalltechnischen Eigenschaften eines Zuluft-Kastenfensters in Abhängigkeit von verschiedenen Einflüssen, wie Kastenbedämpfung, Einsatz zusätzlicher Schalldämpfer, Luftdurchsatz etc., untersucht.

Das Zuluft-Kastenfenster weist im Normalbetrieb (Zustand 3) eine bewertete Schalldämmung von 29 ... 39 dB auf. Die bewertete Schalldämmung von 29 dB gilt für den unbedämpften Kasten ohne schallmindernde Maßnahmen. Mit der vollständigen Bedämpfung des Kastens kann bereits eine bewertete Schalldämmung von 36 dB erreicht werden, auch wenn die Dicke des Absorbers mit 1,5 cm recht dünn ist. Die weitere Erhöhung um 4,0 cm der Absorberdicke bringt nur noch einen geringen Zuwachs an bewerteter Schalldämmung von ca. 2 dB. Etwa der gleiche Effekt kann erreicht werden, wenn ein zusätzlicher Schalldämpfer oder ein besserer schalldämmender Lufteintritt in der äußeren Fenserebene des Zuluft-Kastenfensters zum Einsatz kommt. Durch die Verwendung eines zweiten zusätzlichen Schalldämpfers, also jeweils ein Schalldämpfer am inneren und äußeren Lüftungselement, ist nochmals eine Steigerung um 3 dB auf eine bewertete Schalldämmung von etwa 39 dB zu erreichen. Weitere Verbesserungen der Schalldämmung sind möglich, wenn die Dichtheit des inneren Fensters verbessert wird.

Bei allen diesen Untersuchungen wurden Luftvolumenströme durch das Fenster ermittelt, die mindestens den hygienisch notwendigen Mindestluftwechsel nach DIN 4908 Teil 2 [14] abdecken (besser Luftwechselrate von $0,5 \text{ h}^{-1}$ bei größeren Räumen, bis $1,5 \text{ h}^{-1}$ bei kleinen Räumen). Eine Abhängigkeit der frequenzabhängigen bzw. bewerteten Schalldämmung vom Luftdurchsatz durch das Fenster konnte bis zu der gemessenen Luftwechselrate von rund $6,0 \text{ h}^{-1}$ nicht festgestellt werden.

Wenn die Luftdurchlässe des Zuluft-Kastenfensters verschlossen sind, wird es zu einem normalen Kastenfenster (Zustand 4). Dann kann die bewertete Schalldämmung des Fensters bis auf Werte von 48 ... 53 dB gesteigert werden, womit eine hochschalldämmende Fensterkonstruktion entsteht, die nahezu allen Anforderungen gerecht werden kann. Der untere Wert entspricht dem unbedämpften Kastenfenster mit Undichtheiten, während der obere die Beseitigung der Undichtheiten oder eine einfache Kastenbedämpfung voraussetzt. Das bedeutet, dass mit einem Zuluft-Kastenfenster sowohl eine bedarfsgerechte Schalldämmung erreicht als auch eine bedarfsgerechte Belüftung in einem relativ weiten Bereich durch einfache Handhabung eingestellt werden kann (Tabelle 9.1).

Tabelle 9.1: Schalldämmung und Luftdurchsatz des Prüfobjektes in unterschiedlichen Betriebszuständen sowie deren Schallschutzklassen

Nr.	Zustand des Prüfobjektes	bewertetes Bau-Schall-dämm-Maß $R'_{45^\circ, w}$ [dB]	Schallschutz-klasse nach VDI 2719 [21]	Luftwechselrate $[h^{-1}]$
1	Einfachfenster mit zusätzlichem Absorptionsschalldämpfer bzw. unbedämpftes Zuluft-Kastenfenster	29	1	4 ... 5
2	bedämpftes Zuluft-Kastenfenster (z.B. Absorber im Kasten und/oder zusätzliche Absorptionsschalldämpfer)	34 ... 39	2 ... 3	1 ... 2
3	unbedämpftes/bedämpftes Kastenfenster (geschlossene Lüftungselemente)	48 ... 53	5 ... 6	0

Zur Prognose der bewerteten Schalldämmung eines Zuluft-Kastenfensters wurde ein Modell entwickelt, dem die Annahme zugrunde liegt, dass nur zwei Schallübertragungswege (Weg A und Weg B, Abbildung 7.1) einen maßgebenden Einfluss besitzen. Nach den bisherigen Untersuchungen können die gemessenen bewerteten Schalldämmungen hinreichend gut beschrieben werden. Das Berechnungsmodell ist umso genauer, je geringer die Undichtheiten am Zuluft-Kastenfenster sind. Insbesondere bei hochschalldämmenden Maßnahmen, wie Absorptionsschalldämpfern, reagieren die berechneten Ergebnisse auf Undichtheiten des Fensters sensibel. Größere Abweichungen der theoretisch ermittelten bewerteten Schalldämmung zur gemessenen bewerteten Bau-Schalldämmung sind die Folge. Auch deshalb bedarf es noch weiterer Untersuchungen an ähnlichen Konstruktionen, um die Prognosesicherheit des Modells zu bestätigen.

Literatur

- [1] Neumann D.; Weinbrenner U.: Frick / Knöll Baukonstruktionslehre 2. – 31. Aufl. Stuttgart; Leipzig; Wiesbaden: Teubner, 2001, S. 358

- [2] Königstein T.: Ratgeber energiesparendes Bauen – Auf den Punkt gebracht: Neutrale Fachinformationen für mehr Energieeffizienz. – 4. Aufl. Stuttgart: Fraunhofer IRB, 2009, S. 79 – 86

- [3] Fasold W.; Veres E.: Schallschutz + Raumakustik in der Praxis. – 2. Aufl. Berlin: Bauwesen, 2003, S. 281 – 295

- [4] Fasold W.; Kraak W.; Schirmer W.: Taschenbuch Akustik: Teil 2. – 1. Aufl. Berlin: VEB Verlag Technik, 1984, S. 887 - 893

- [5] Petzold G.: Raumlufthtemperatur. – 2. Aufl. Berlin: VEB Verlag Technik, 1976, S. 176 – 186

- [6] Gronau J.; Helbig S.: Entwicklung des Prototypes eines Zuluftfensters für den Einsatz in Verbindung mit Abluftanlagen insbesondere bei der Sanierung von mehrgeschossigen Mietwohngebäuden: Schlussbericht, MFPA-Bericht Nr. F 21/002-99. URL: <http://edok01.tib.uni-hannover.de/edoks/e001/269105263.pdf>, verfügbar am 12.01.2012, S. 1 – 76

- [7] Gösele K.; Schüle W.; Künzel H.: Schall • Wärme • Feuchte: Grundlagen, neue Erkenntnisse und Ausführungshinweise für den Hochbau. – 10. Aufl. Wiesbaden; Berlin: Bauverlag, 1997, S. 79 – 85

- [8] Lühr H.-P.; Ehm H.; Gertis K.; Meyer H. G.: Berechnung der Schalldämmung von Fenstern. In Bauphysik: 8. Jahrgang (1986), Nr. 5, S. 133 – 145. – ISSN 0171-5445

- [9] Schirmer W.: Lärmbekämpfung: Maßnahmen an Maschinen und in Produktionsstätten zum Schutz des Menschen vor Lärm und Schwingungen. – 1. Aufl. Berlin: Tribüne, 1989, S. 130 – 276

- [10] Schirmer W.: Technischer Lärmschutz. Düsseldorf: – VDI, 1996, S. 237 – 268

- [11] Hübelt J.: Technische Akustik: Poröse Absorber [ABS 1]. – Mittweida: Fachhochschule, Fakultät Mathematik, Naturwissenschaften, Informatik , Vorlesungsmitschriften, 2010

- [12] Möser M.: Technische Akustik. – 8. Aufl. Berlin; Heidelberg: Springer, 2009, S. 208 – 218

- [13] Recknagel H.; Sprenger E.; Schramek E.-R.: Taschenbuch für Heizung und Klimatechnik: einschließlich Warmwasser- und Kälte-technik. – 67. Aufl. München; Wien: Oldenbourg, 1995, S. 1466 – 1467

Normen und Richtlinien

- [14] DIN 4108-2: Entwurf: Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden – Teil 2: Mindestanforderungen an den Wärmeschutz (2011)

- [15] DIN 4109: Schallschutz im Hochbau; Anforderungen und Nachweise (1989)

- [16] DIN 4109 Bbl. 1: Schallschutz im Hochbau; Ausführungsbeispiele und Rechenverfahren (1989)

- [17] DIN EN 61672-1: Entwurf: Elektroakustik – Schalpegelmesser – Teil 1: Anforderungen (2010)

- [18] DIN EN ISO 140-5: Akustik – Messung der Schalldämmung in Gebäuden und von Bauteilen – Teil 5: Messung der Luftschalldämmung von Fassadenelementen und Fassaden an Gebäuden (1998; Ersatz für DIN 52210-5)

- [19] DIN EN ISO 354: Akustik – Messung der Schallabsorption in Hallräumen (2003)

- [20] VDI 2719: Schalldämmung von Fenstern und deren Zusatzeinrichtungen (1987)

Anlagen

Teil 1 – Formelzeichen.....	A-1
Teil 2 – Bilder/Zeichnungen des Prüfobjektes.....	A-4
Teil 3 – Grundriss Empfangsraum.....	A-8
Teil 4 – Absorber.....	A-9
Teil 5 – Bau-Schalldämm-Kurvenblätter.....	A-14
Teil 6 – Luftdurchsätze.....	A-86

Anlagen, Teil 1 – Formelzeichen

Lateinische Kleinbuchstaben

d	Materialdicke [m]
d_{G11}	Dicke der schwereren Scheibe [mm]
d_{G12}	Dicke der zweiten Scheibe [mm]
d_S	Scheibenabstand [mm]
d_0	10 mm (Bezugswert)
m'	flächenbezogene Masse [kg/m ²]
m'_{ges}	Summe der flächenbezogenen Masse von m'_1 , m'_2 und m'_3
m'_1	flächenbezogene Masse der Tragschale [kg/m ²]
m'_2	flächenbezogene Masse der Wetterschale [kg/m ²]
m'_3	flächenbezogene Masse des Kalkzementputzes [kg/m ²]

Lateinische Großbuchstaben

A	äquivalente Schallabsorptionsfläche im Empfangsraum [m ²]
D_L	(Kanal-)Durchgangsdämm-Maß (Näherungsformel nach Piening) [dB]
L	Kanal- bzw. Schalldämpferlänge [m]
$L_{1,s}$	mittlerer Schalldruckpegel direkt auf der Fläche des Prüfobjektes (Nahfeld) [dB]
L_2	mittlerer Schalldruckpegel im Empfangsraum [dB]
R_w	bewertetes Schalldämm-Maß Kastenfenster ohne Nebenwegübertragung [dB]
R'_w	(erforderliches) bewertetes Schalldämm-Maß Fenster mit bauähnlichen Nebenwegübertragungen [dB]
$R'_{w,R}$	bewertetes Schalldämm-Maß Außenwand mit bauähnlichen Nebenwegübertragungen [dB]

$R'_{w,R,A}$	korrigiertes bewertetes Schalldämm-Maß Prüfobjekt (Außenfenster, Kastenfenster) [dB]
$R'_{w,R,B}$	bewertetes Schalldämm-Maß Kasten [dB]
$R'_{w,R,(B+D_L)}$	bewertetes Schalldämm-Maß Kasten mit Berücksichtigung der Durchgangsdämpfung der Absorptionsmaßnahme [dB]
$R'_{w,R,i}$	bewertetes Schalldämm-Maß des i-ten Elements des Bauteils [dB]
$R'_{w,R,res}$	resultierendes bewertetes Schalldämm-Maß zusammengesetzter Bauteile/Fassade/Prüfobjekt (Außenfenster, Zuluft-Kastenfenster) [dB] bzw. korrigiertes resultierendes bewertetes Schalldämm-Maß von Kastenfenster und Wand [dB]
$R'_{w,R,1}$	bewertetes Schalldämm-Maß Außenwand [dB]
$R'_{w,R,2}$	korrigiertes bewertetes Schalldämm-Maß Prüfobjekt (Kastenfenster) [dB]
R'_{45°	frequenzabhängiges Bau-Schalldämm-Maß Fassade (Außenwand) bzw. Prüfobjekt (Außenfenster, Zuluft-Kastenfenster, Kastenfenster) gemessen mit Lautsprecherschall von außen bei 45° Schalleinfallswinkel [dB]
$R'_{45^\circ,w}$	(korrigiertes) bewertetes Bau-Schalldämm-Maß Fassade (Außenwand) bzw. Prüfobjekt (Außenfenster, Zuluft-Kastenfenster, Kastenfenster) gemessen mit Lautsprecherschall von außen bei 45° Schalleinfallswinkel [dB]
$\Delta R'_{w,R}$	Differenz aus resultierendem bewertetem Schalldämm-Maß $R'_{w,R,res}$ und bewertetem Bau-Schalldämm-Maß $R'_{45^\circ,w}$ Prüfobjekt (Zuluft-Kastenfenster) [dB] bzw. Differenz aus korrigiertem bewertetem Schalldämm-Maß und korrigiertem bewertetem Schalldämm-Maß Prüfobjekt (Kastenfenster) [dB]
S	freie Kanalquerschnittsfläche bzw. Flächeninhalt Prüfobjekt [m²]
S_A	Außenwandteilfläche [m²] bzw. Fensterteilfläche [m²]
S_B	Wandteilfläche bzw. Fensterteilfläche [m²]
S_G	Grundfläche [m²]
S_{ges}	Fläche des gesamten Bauteils, Fassade, Prüfobjekt [m²]
S_i	Fläche des i-ten Elements des Bauteils [m²]
S_P	Prüföffnungsfläche [m²]
$S_{(W+F)}$	Außenbauteilfläche [m²]

S_1	Außenwandteilfläche [m ²]
S_2	Prüfobjektteilfläche [m ²]
U	Kanalumfang mit schallabsorbierender Wandauskleidung [m]

Griechische Kleinbuchstaben

α	Absorptionsgrad bzw. Schallabsorptionsgrad der Wandauskleidung [–]
α_w	bewerteter Schallabsorptionsgrad [–]
ϑ	Temperatur [°C] bzw. Einfallswinkel [°]
ρ	Materialdichte [kg/m ³]
σ	Porosität [–]

Griechische Großbuchstaben

Ξ	Strömungswiderstand (materialspezifische Größe) [Ns/m ⁴]
Φ	Wärmestrom [W]

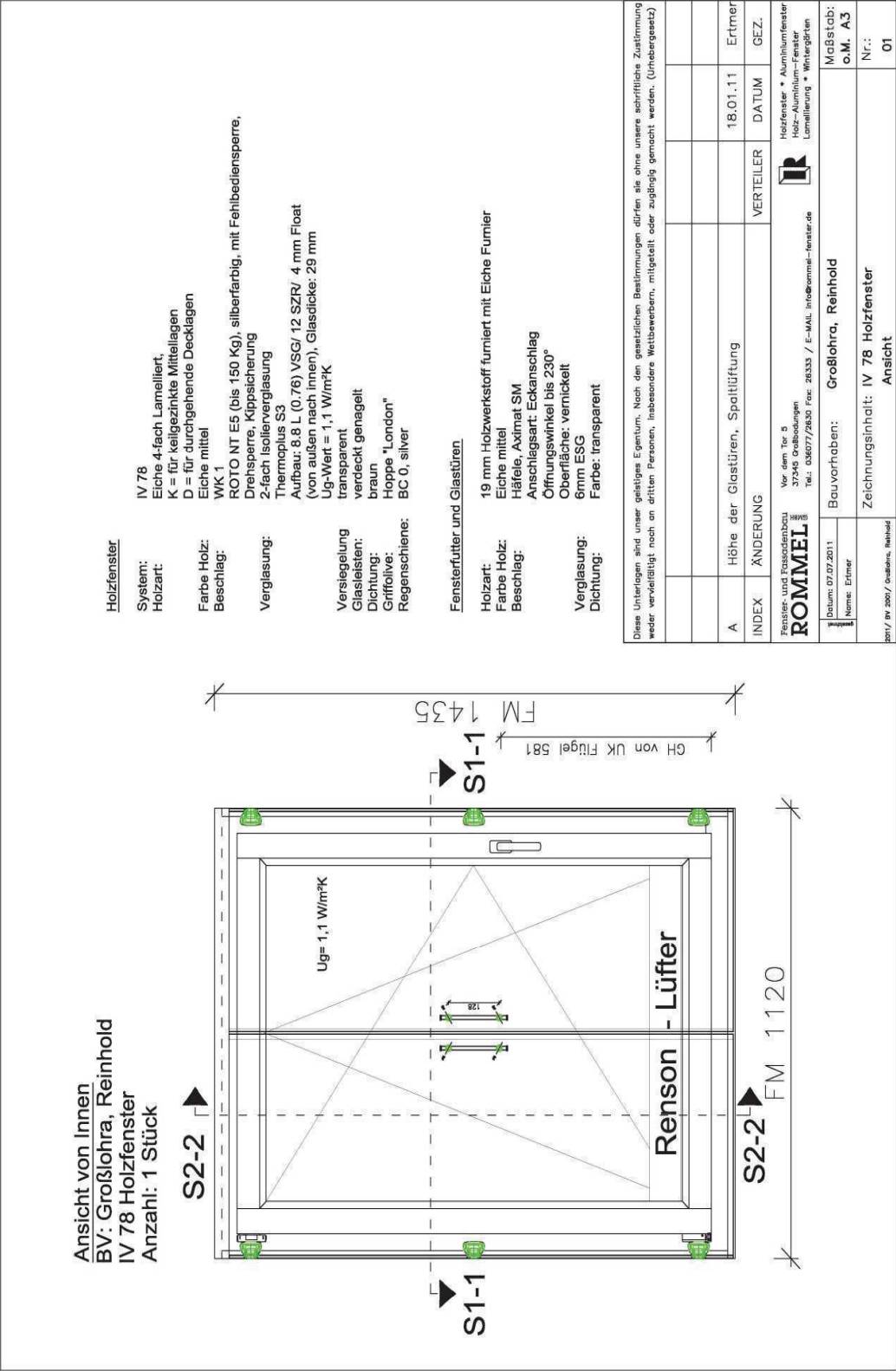
Anlagen, Teil 2 – Bilder/Zeichnungen des Prüfobjektes



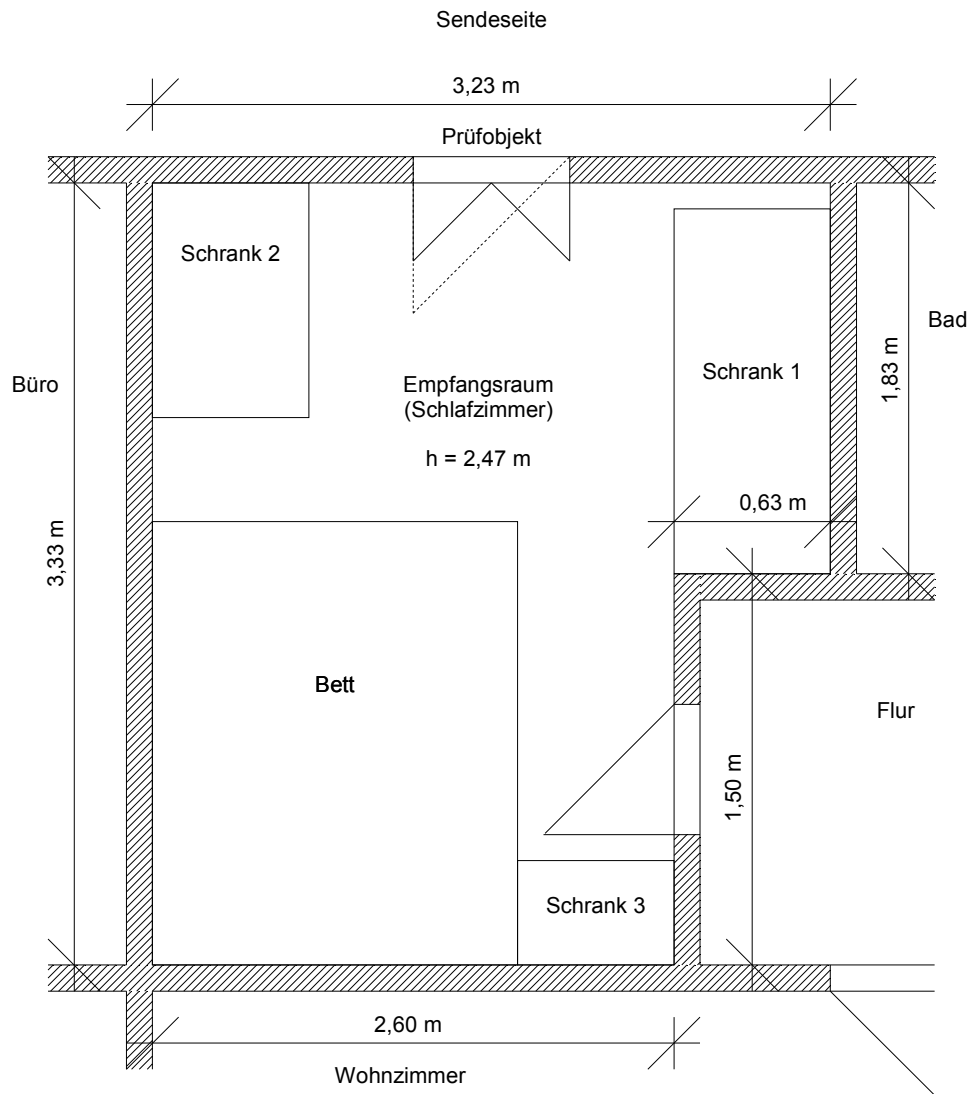
Innenseite des Prüfobjektes



Außenseite des Prüfobjektes



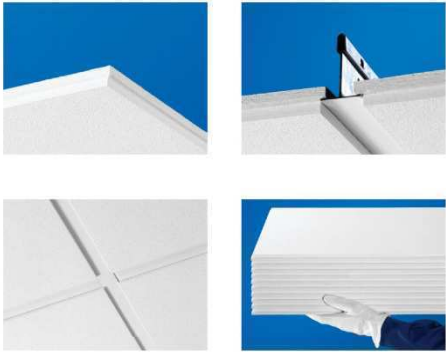
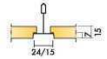
Anlagen, Teil 3 – Grundriss Empfangsraum



Anlagen, Teil 4: Absorber

ECOPHON GEDINA™ E

Mit Ecophon Gedina E erhalten Sie den Klassiker der abgehängten Akustikdecken, der leicht montiert sowie demontiert werden kann und alle funktionalen Anforderungen voll erfüllt. Die sichtbare Unterkonstruktion und die besondere Kantengestaltung sorgen für eine Decke mit Schatteneffekt, durch den jede Platte akzentuiert und gleichzeitig die Unterkonstruktion partiell verdeckt wird. Der Höhenversatz beträgt 7 mm. Das Ecophon Gedina E System besteht aus den Akustikdeckenplatten sowie den dazugehörigen Ecophon Connect Unterkonstruktionen. Sein Gesamtgewicht beträgt ca. 2,5 kg/m². Die Akustikdeckenplatten sind aus Glaswolle hergestellt, wobei die sichtbare Oberfläche mit der Farbbeschichtung Akutex T und die Rückseite der Absorber mit einem Vlies versehen ist. Die Kanten sind farbbeschichtet. Damit die System-Qualität erreicht wird, müssen die Platten in Kombination mit Ecophon Connect (samt Zubehör) montiert werden.



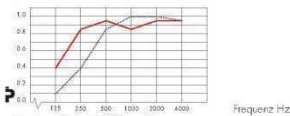
FORMATE

Abmessung mm	625	1250	1250
	x	x	x
	625	625	1250
T15	*	*	*
T24	*	*	*
Stärke	15	15	15
Montageskizze	M121	M121	M121

TECHNISCHE EIGENSCHAFTEN

AKUSTIK Schallabsorption Die Testergebnisse wurden gemäß DIN EN ISO 354 ermittelt. Klassifikation gemäß DIN EN ISO 11654, Einzelangaben für NRC und SAA gemäß ASTM C 423.

α_p Praktischer Absorptionsgrad



— Ecophon Gedina E 200 mm K_H
— Ecophon Gedina E 60 mm K_H
K_H = totale Konstruktionshöhe

Produkt	Gedina E			
K _H , mm	60	80	110	200
Absorptionsklasse	C	B	A	A
NRC				
SAA				

Schalldämmung D_{n,c,w}=20 dB gemäß ISO 140-9 gemessen und gemäß EN ISO 717-1 bewertet. CAC=21 dB gemäß ASTM E 1414 gemessen und gemäß ASTM E 413 bewertet.

Privacy AC(1,5)=180 gemäß ASTM E 1111 und E 1110.

DEMONTIERBARKEIT Die Akustikdeckenplatten sind leicht demontierbar. Die Mindesthöhe finden Sie in den Montageskizzen.

REINIGUNG Tägliches Staubwischen und Staubsaugen sind möglich ebenso wie eine wöchentliche manuelle Feuchtreinigung.

VISUELLES ERSCHEINUNGSBILD White 500, ähnlich NCS 0500 N / RAL 9003, Lichtreflexionsgrad 84% (davon über 99% diffuse Reflexion).

FEUCHTIGKEITSBESTÄNDIGKEIT Die Akustikdeckenplatten sind bei einer permanenten relativen Luftfeuchtigkeit von bis zu 95% bei 30°C formstabil (DIN EN ISO 4611).

RAUMKLIMA Dem Produkt wurde das dänische Raumklimazertifikat verliehen, es wird vom schwedischen Asthma- und Allergieverband empfohlen und kann in Reintäumen der ISO Klasse 6 nach DIN EN ISO 14644-1 eingesetzt werden.

UMWELTEINFLUSS Das Produkt wurde mit dem Umweltzertifikat "Nordischer Schwan" ausgezeichnet und ist vollständig recycelbar.

BRANDSCHUTZ Die Glaswollplatten wurden geprüft und wurden nach DIN EN ISO 1182 als nicht brennbar klassifiziert. Siehe funktionale Anforderungen, Brandschutz.

Brandverhalten

Land	Standard	Klasse
Europa	EN 13501-1	A2-s1,d0

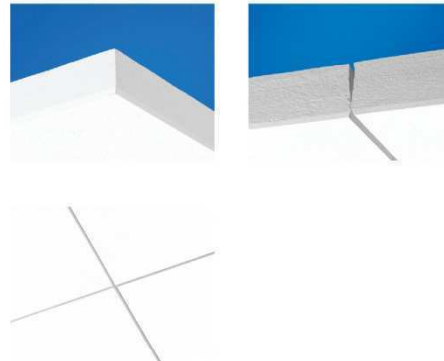
BELASTUNG Informationen über die maximal zulässige Nutzlast sowie die Mindesttragkraft der Abhänger und Befestigungen entnehmen Sie bitte den Montageskizzen. Die Bedingungen sind ausführlich im Kapitel "Funktionale Anforderungen" unter dem Abschnitt "Mechanische Eigenschaften" beschrieben.

MONTAGE Das System wird gemäß der jeweils gültigen Montageskizze montiert. Dort befinden sich auch Informationen zur minimalen totalen Konstruktionshöhe.



ECOPHON MASTER™ B

Mit Ecophon Master B erhalten Sie eine Akustikdecke, die überall dort eingesetzt werden kann, wo eine Decke mit kleinstmöglicher totaler Konstruktionshöhe erforderlich ist, und wo gleichzeitig hohe Anforderungen an eine gute Akustik und Sprachverständlichkeit gestellt werden. Die Platten werden direkt auf die Oberfläche der Rohdecke geklebt. Die Decke hat eine glatte Oberfläche und besticht optisch durch angefasste Kanten. Die Akustikdeckenplatten sind aus Glaswolle hergestellt und sind je nach Absorptionsverhalten in drei verschiedenen Oberflächenbeschichtungen erhältlich: alpha, beta und gamma. Die Rückseite der Absorber ist mit einem Vlies versehen und die Kanten sind farbbeschichtet. Das Gesamtgewicht des Systems beträgt ca. 5 kg/m².



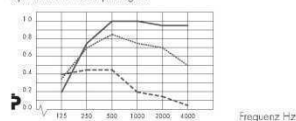
FORMATE

Abmessung mm	600
	x
	600
Gelbte	•
Stärke	40
Montageskizze	M113

TECHNISCHE EIGENSCHAFTEN

AKUSTIK Schallabsorption Die Testergebnisse wurden gemäß EN ISO 354 ermittelt.
Bewertung gemäß EN ISO 11654.

α_p Praktischer Absorptionsgrad



— Ecophon Master B/alpha 43 mm tkh.
— Ecophon Master B/beta 43 mm tkh.
— Ecophon Master B/gamma 43 mm tkh.
tkh = totale Konstruktionshöhe

Produkt	Master B/alpha	Master B/beta	Master B/gamma
tkh, mm	49	43	43
Absorptionsklasse	A	C	E
NRC			

Schalldämmung Nicht anwendbar.

Privacy Nicht anwendbar.

DEMONTIERBARKEIT Die Akustikdeckenplatten sind nicht demontierbar.

REINIGUNG Tägliches Staubwischen und Staubsaugen sind möglich ebenso wie eine wöchentliche manuelle Feuchtreinigung.

VISUELLES ERSCHEINUNGSBILD White Frost, ähnlich RAL 9003, ähnlich NCS S 0500-N, Lichtreflexionsgrad 85% (davon über 99% diffuse Reflexion). Retroreflexionskoeffizient 63 mcd*m²lx⁻¹. Glanzgrad < 1.

FEUCHTIGKEITSBESTÄNDIGKEIT Die Akustikdeckenplatten sind bei einer permanenten relativen Luftfeuchtigkeit von bis zu 95% bei 30°C formstabil (DIN EN ISO 4611).

RAUMKLIMA Dem Produkt wurde das dänische Raumklimazertifikat verliehen, es wird vom schwedischen Asthma- und Allergieverband empfohlen und kann in Reinnräumen der ISO-Klasse 6 nach DIN EN ISO 14644-1 eingesetzt werden.

UMWELTEINFLUSS Das Produkt wurde mit dem Umweltzertifikat "Nordischer Schwan" ausgezeichnet und ist vollständig recycelbar.

BRANDSCHUTZ Die Glaswollplatten wurden geprüft und wurden nach DIN EN ISO 1182 als nicht brennbar klassifiziert. Siehe online funktionale Anforderungen, Brandschutz.

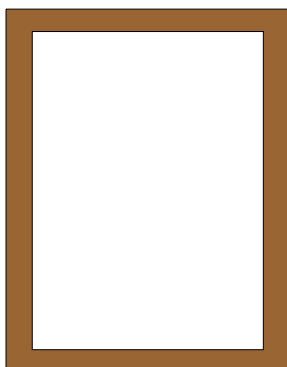
Brandverhalten

Land	Standard	Klasse
Europa	EN 13501-1	A2-s1,a0

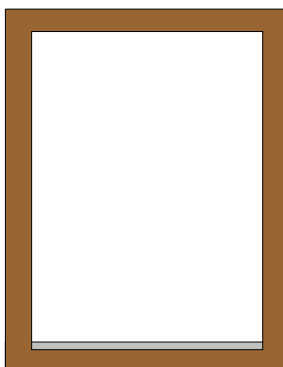
BELASTUNG Zusätzliche Nutzlasten müssen an der Rohdecke befestigt werden.

MONTAGE Das System wird gemäß der jeweils gültigen Montageskizze montiert. Dort befinden sich auch Informationen zur minimalen totalen Konstruktionshöhe.

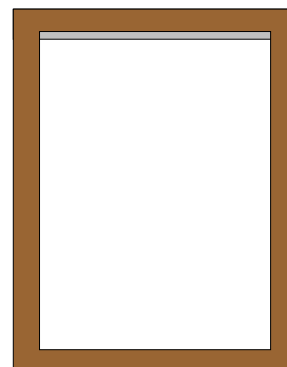
Anordnung der Absorber als Randbedämpfung im Kasten



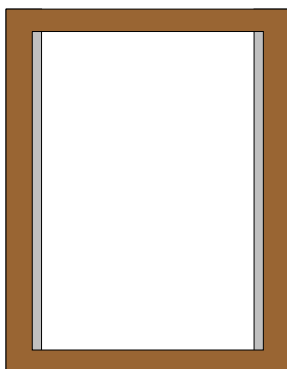
ohne Randbedämpfung



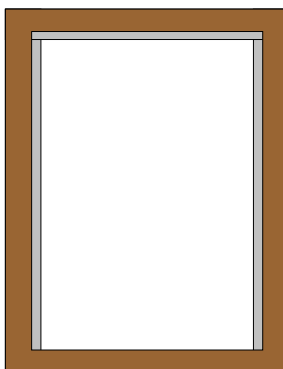
mit Randbedämpfung (1,5 cm) unten im Kasten



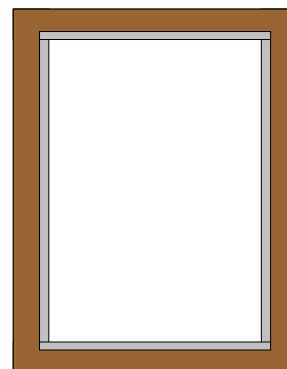
mit Randbedämpfung (1,5 cm) oben im Kasten



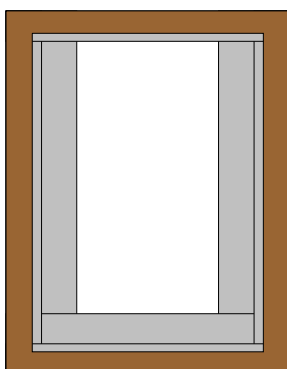
mit Randbedämpfung (1,5 cm) an beiden Seiten im Kasten



mit Randbedämpfung (1,5 cm) an beiden Seiten und oben im Kasten

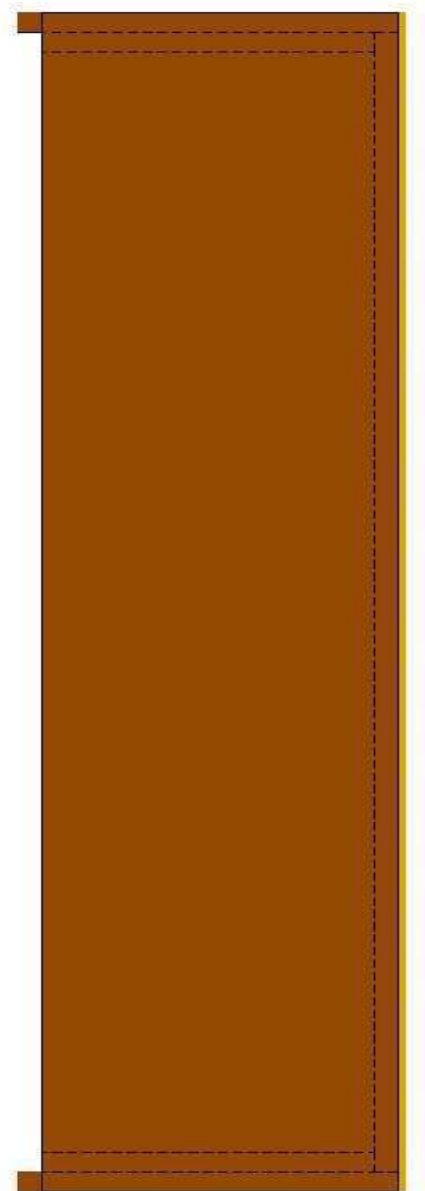
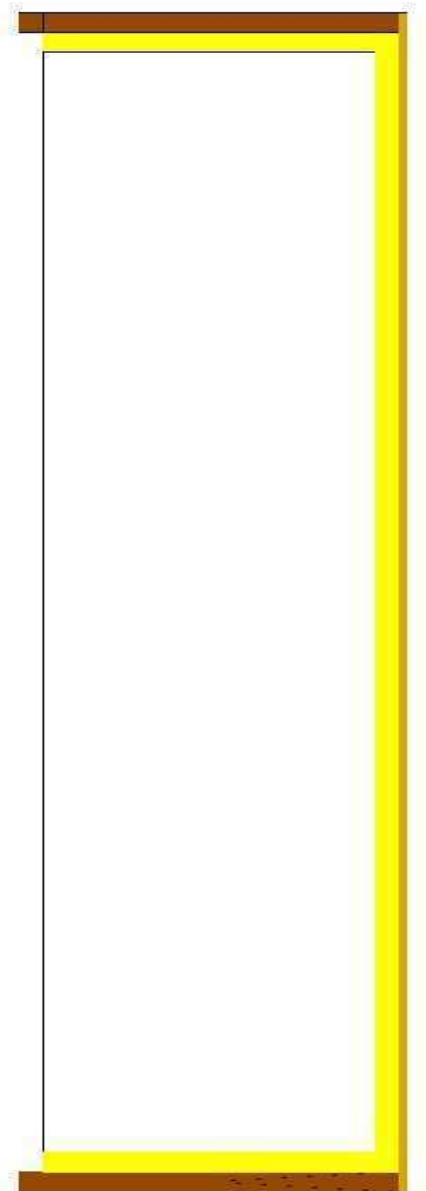


mit Randbedämpfung (1,5 cm) an beiden Seiten, oben und unten im Kasten

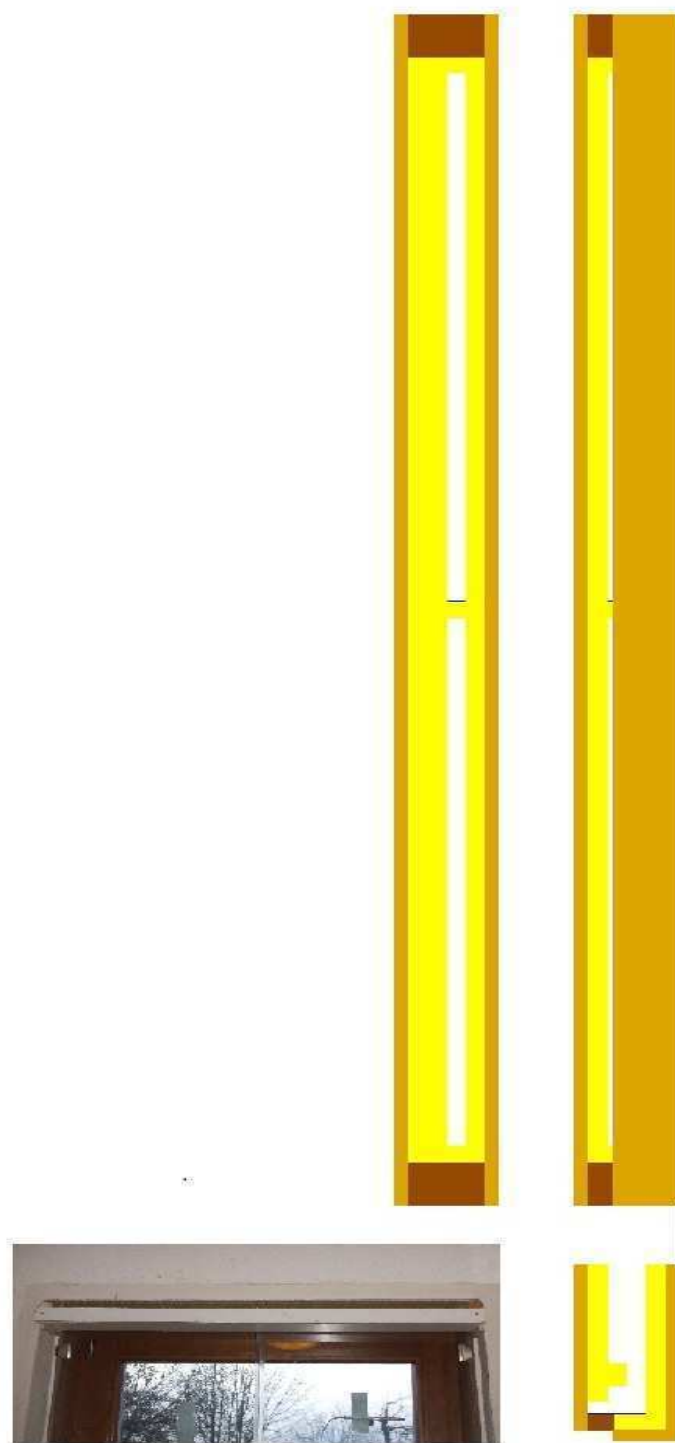


mit Randbedämpfung (1,5 cm) an beiden Seiten, oben und unten im Kasten sowie zusätzlich Randbedämpfung (4,0 cm) an beiden Seiten und unten im Kasten

Äußerer Absorptionsschalldämpfer



Innerer Absorptionsschalldämpfer

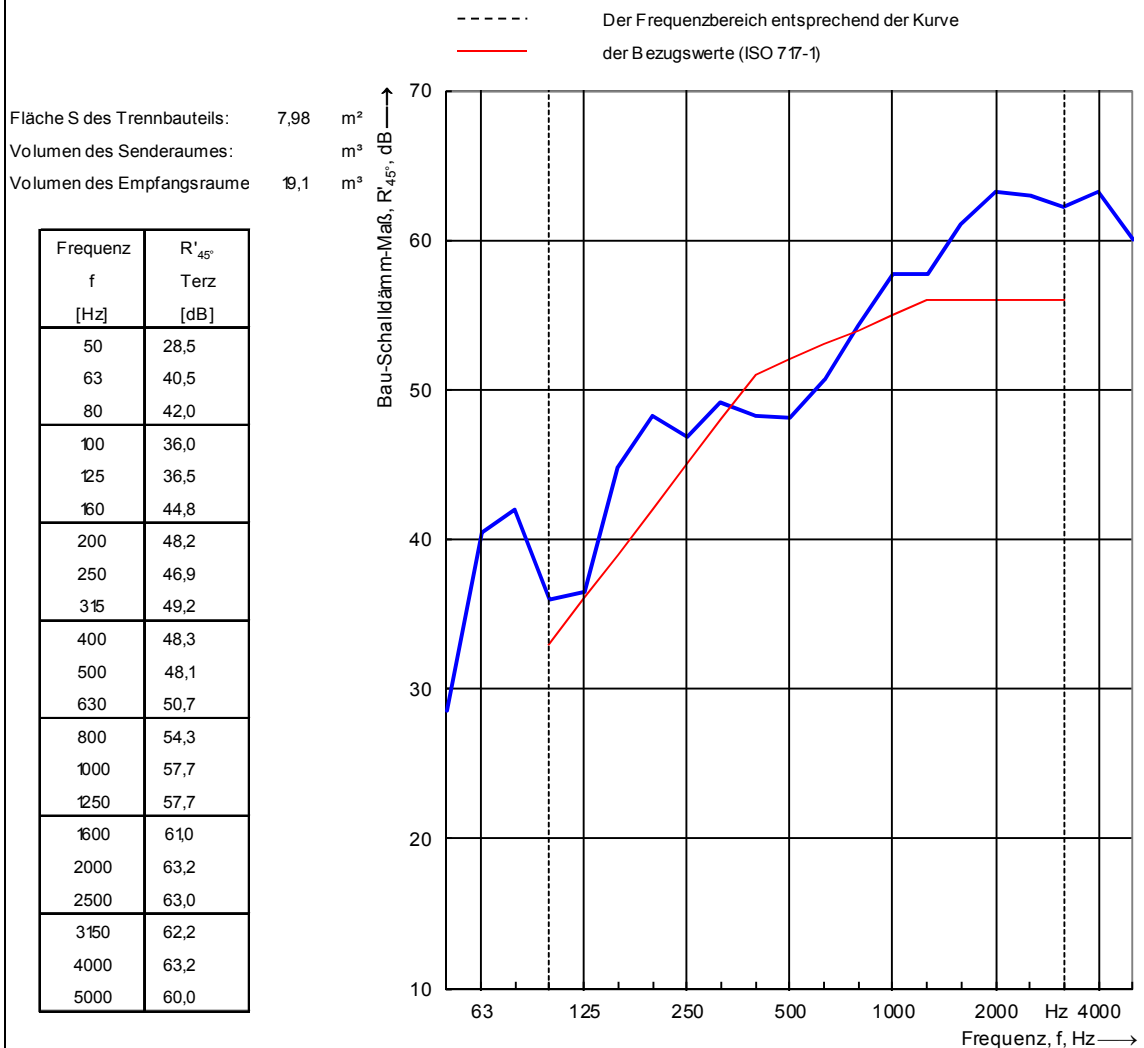


Anlagen, Teil 5: Bau-Schalldämm-Kurvenblätter

Bau-Schalldämm-Maß nach ISO140-5

Messung der Luftschalldämmung von Fassadenelementen und Fassaden

Auftraggeber: Dr. Blechschmidt & Reinhold GmbH, Auf der Katzenburg 1, 99759 Großlohra Prüfdatum: 17.10.2011
 Aufbau: Fassade (Außenwand): 2 cm Kalkzement-Außenputz, 11,5 cm Hochlochziegel (Wetterschale), 3 cm Luftschicht, 2 cm Polystyrol, 6 cm Mineralfaserplatte, 24 cm Hochlochziegel (Tragschale), 2 cm Kalkzement-Innenputz; Prüfobjekt mit zwei Lagen Mineralfaserplatten (Dicke je Platte 5 cm) und einer Gipskartonplatte (Dicke 12,5 mm) mit Abdichtungsband zugestellt/abgedichtet
 Objekt: Schlafzimmer-Außenwand (EG) des Einfamilienhauses in Großlohra



Bewertung nach ISO 717-1

$R'_{45^\circ, w}(C; C_{tr}) = 55,4$ (-19 ; -5,5) dB

Die Ermittlung basiert auf Gebäude-Messungen,
 die in Terzbändern gewonnen wurden.

$C_{50-3150} = -2,0$ dB $C_{50-5000} = -12$ dB $C_{100-5000} = -10$ dB

$C_{tr, 50-3150} = -7,4$ dB $C_{tr, 50-5000} = -7,4$ dB $C_{tr, 100-5000} = -5,5$ dB

(Tabelle 6.3, Nr. 1)

Bau-Schalldämm-Maß nach ISO140-5

Messung der Luftschalldämmung von Fassadenelementen und Fassaden

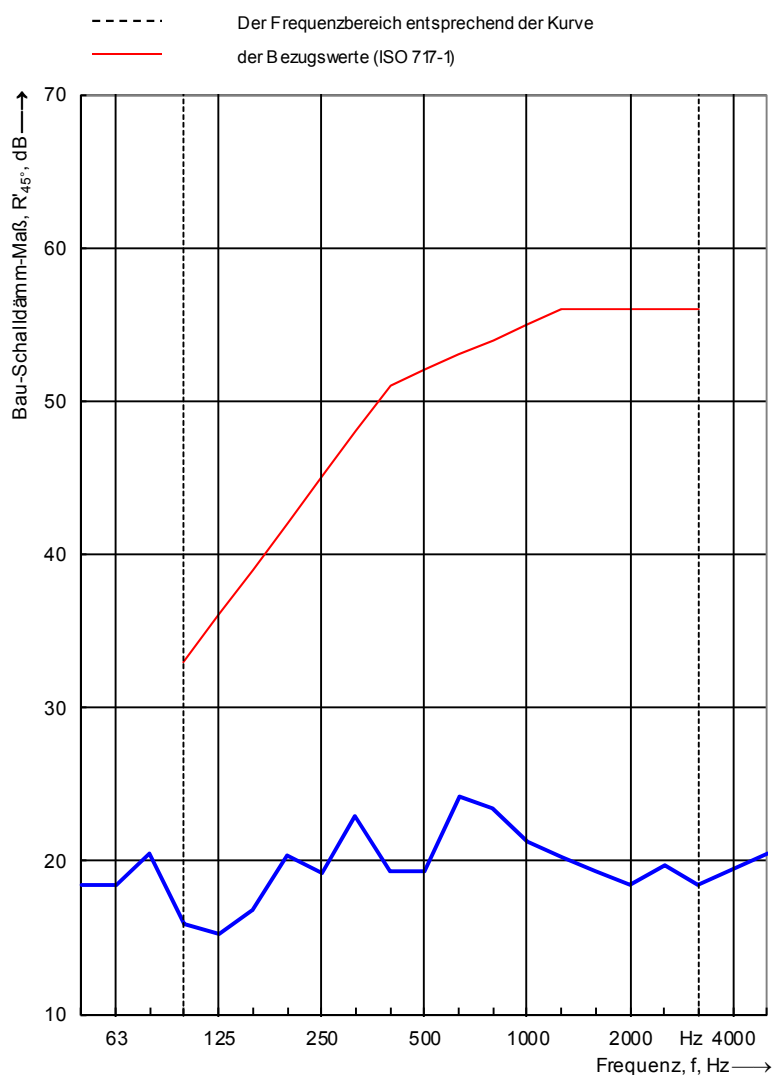
Auftraggeber: Dr. Blechschmidt & Reinhold GmbH, Auf der Katzenburg 1, 99759 Großlohra
 Aufbau: Zustand 1 (Außenfenster allein, Lüftungsöffnung auf) ohne Randbedämpfung

Prüfdatum: 02.11.2011

Objekt: Prüfobjekt im Empfangsraum (EG) des Einfamilienhauses

Fläche S des Trennbauteils: 144 m²
 Volumen des Senderraumes: m³
 Volumen des Empfangsraumes: 19,1 m³

Frequenz f [Hz]	R' _{45°} Terz [dB]
50	18,5
63	18,5
80	20,5
100	15,9
125	15,3
160	16,8
200	20,3
250	19,2
315	22,9
400	19,3
500	19,4
630	24,2
800	23,4
1000	21,2
1250	20,2
1600	19,4
2000	18,5
2500	19,7
3150	18,4
4000	19,5
5000	20,5



Bewertung nach ISO 717-1

R'_{45°w}(C; C_{tr}) = 20,7 (-0,9 ; -0,5) dB

Die Ermittlung basiert auf Gebäude-Messungen,
 die in Terzbändern gewonnen wurden.

C₅₀₋₃₁₅₀ = -0,9 dB C₅₀₋₅₀₀₀ = -0,8 dB C₁₀₀₋₅₀₀₀ = -0,8 dBC_{tr,50-3150} = -0,6 dB C_{tr,50-5000} = -0,8 dB C_{tr,100-5000} = -0,7 dB

Bau-Schalldämm-Maß nach ISO140-5

Messung der Luftschalldämmung von Fassadenelementen und Fassaden

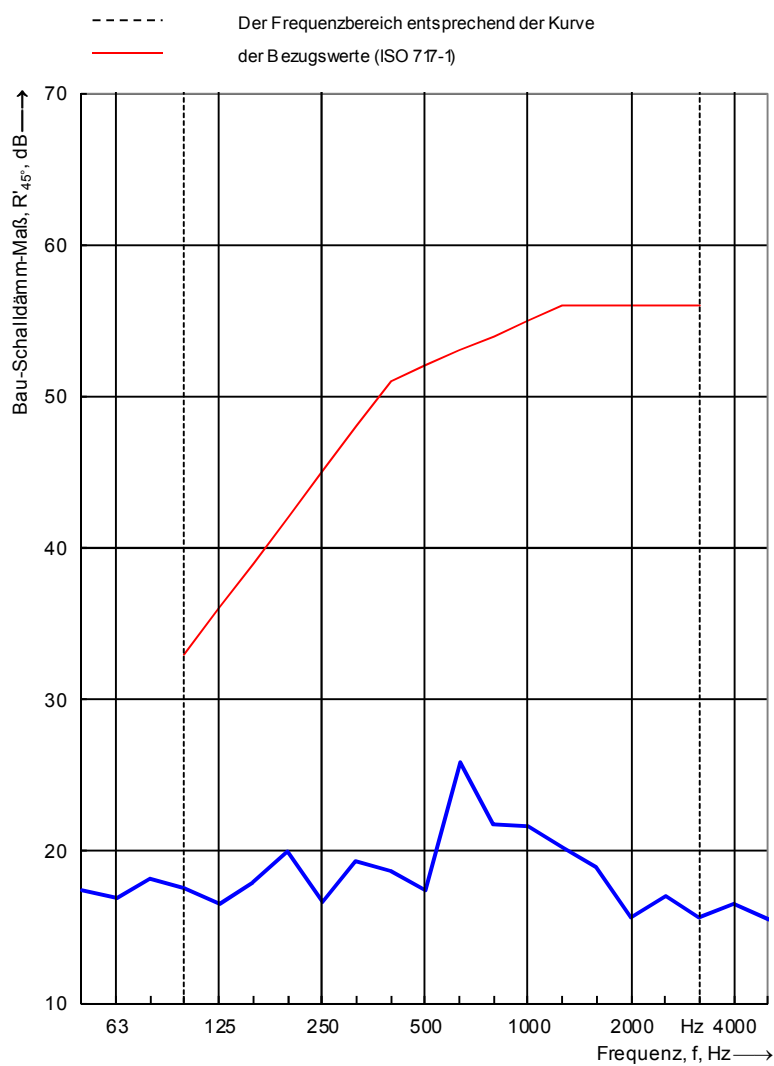
Auftraggeber: Dr. Blechschmidt & Reinhold GmbH, Auf der Katzenburg 1, 99759 Großlohra Prüfdatum: 06.11.2011

Aufbau: Zustand 1 (Außenfenster allein, Lüftungsöffnung auf) mit Randbedämpfung (Dicke 15 cm) unten im Kasten

Objekt: Prüfobjekt im Empfangsraum (EG) des Einfamilienhauses

Fläche S des Trennbauteils: 1,44 m²Volumen des Senderraumes: m³Volumen des Empfangsraumes: 19,1 m³

Frequenz f [Hz]	R' _{45°} Terz [dB]
50	17,4
63	16,9
80	18,2
100	17,6
125	16,5
160	17,9
200	20,0
250	16,6
315	19,4
400	18,7
500	17,4
630	25,8
800	21,8
1000	21,7
1250	20,2
1600	19,0
2000	15,6
2500	17,0
3150	15,6
4000	16,5
5000	15,5



Bewertung nach ISO 717-1

 $R'_{45^\circ, w}(C; C_{tr}) = 19,3$ (-13 ; -0,3) dBDie Ermittlung basiert auf Gebäude-Messungen,
die in Terzbändern gewonnen wurden. $C_{50-3150} = -13$ dB $C_{50-5000} = -17$ dB $C_{100-5000} = -17$ dB $C_{tr, 50-3150} = -0,4$ dB $C_{tr, 50-5000} = -0,7$ dB $C_{tr, 100-5000} = -0,6$ dB

Bau-Schalldämm-Maß nach ISO140-5

Messung der Luftschalldämmung von Fassadenelementen und Fassaden

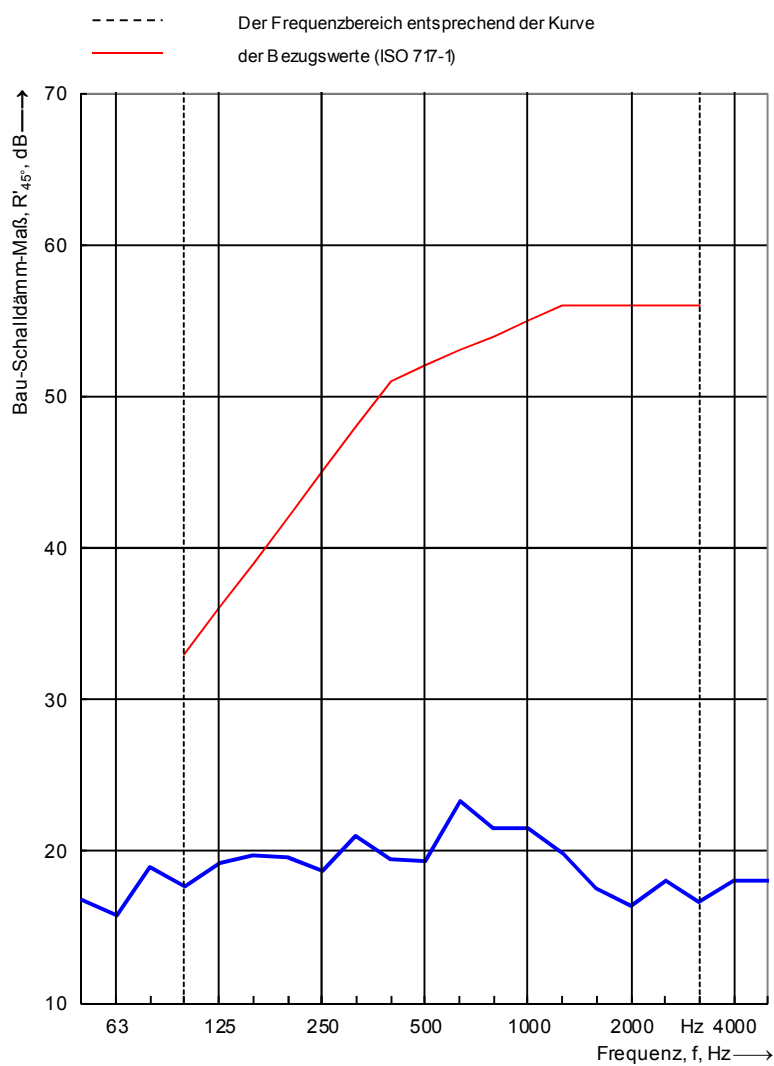
Auftraggeber: Dr. Blechschmidt & Reinhold GmbH, Auf der Katzenburg 1, 99759 Großlohra Prüfdatum: 07.11.2011

Aufbau: Zustand 1 (Außenfenster allein, Lüftungsöffnung auf) mit Randbedämpfung (Dicke 15 cm) oben im Kasten

Objekt: Prüfobjekt im Empfangsraum (EG) des Einfamilienhauses

Fläche S des Trennbauteils: 1,44 m²Volumen des Senderraumes: m³Volumen des Empfangsraumes: 19,1 m³

Frequenz f [Hz]	R' _{45°} Terz [dB]
50	16,8
63	15,8
80	19,0
100	17,7
125	19,2
160	19,7
200	19,6
250	18,7
315	21,0
400	19,5
500	19,3
630	23,3
800	21,5
1000	21,5
1250	19,9
1600	17,6
2000	16,4
2500	18,1
3150	16,6
4000	18,0
5000	18,0



Bewertung nach ISO 717-1

 $R'_{45,w}(C;C_{tr}) = 19,7$ (-12 ; -0,3) dBDie Ermittlung basiert auf Gebäude-Messungen,
die in Terzbändern gewonnen wurden. $C_{50-3150} = -12$ dB $C_{50-5000} = -13$ dB $C_{100-5000} = -13$ dB $C_{tr,50-3150} = -0,4$ dB $C_{tr,50-5000} = -0,6$ dB $C_{tr,100-5000} = -0,5$ dB

Bau-Schalldämm-Maß nach ISO140-5

Messung der Luftschalldämmung von Fassadenelementen und Fassaden

Auftraggeber: Dr. Blechschmidt & Reinhold GmbH, Auf der Katzenburg 1, 99759 Großlohra

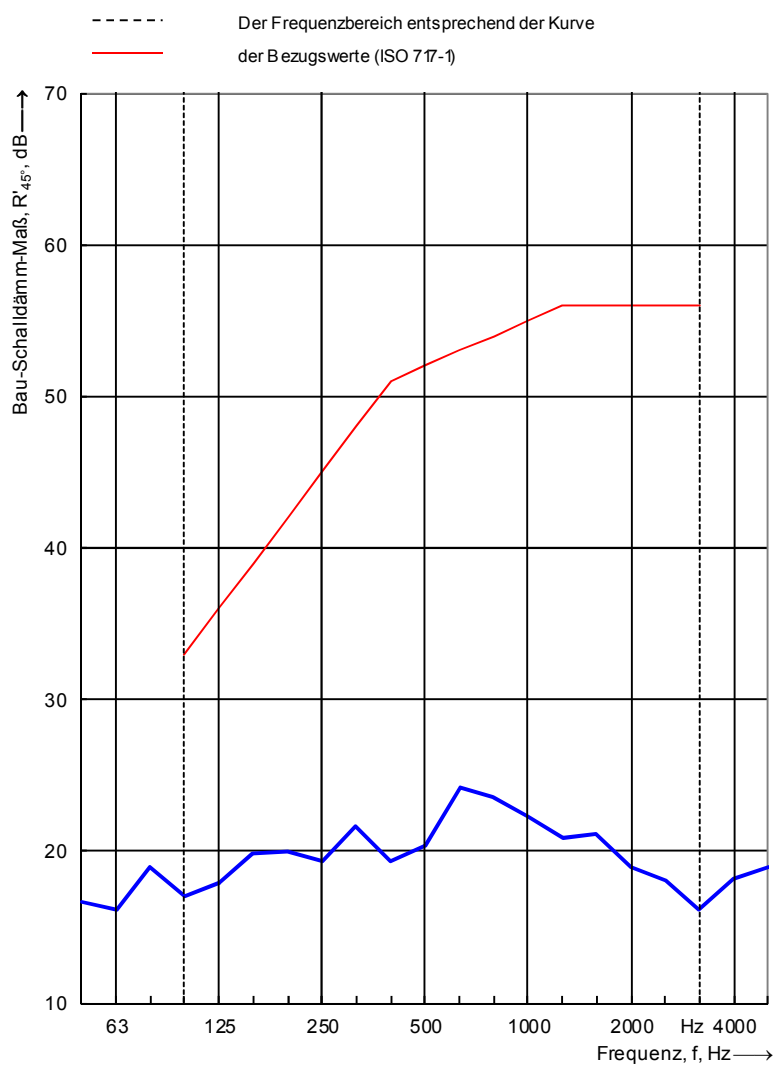
Prüfdatum: 08.11.2011

Aufbau: Zustand 1 (Außenfenster allein, Lüftungsöffnung auf) mit Randbedämpfung (Dicke 15 cm) an beiden Seiten im Kasten

Objekt: Prüfobjekt im Empfangsraum (EG) des Einfamilienhauses

Fläche S des Trennbauteils: 1,44 m²Volumen des Senderraumes: m³Volumen des Empfangsraumes: 19,1 m³

Frequenz f [Hz]	R' _{45°} Terz [dB]
50	16,7
63	16,1
80	19,0
100	17,0
125	17,9
160	19,8
200	20,0
250	19,4
315	21,7
400	19,4
500	20,3
630	24,2
800	23,6
1000	22,3
1250	20,9
1600	21,1
2000	19,0
2500	18,0
3150	16,2
4000	18,2
5000	19,0



Bewertung nach ISO 717-1

 $R'_{45;w}(C;C_{tr}) = 20,9$ (-13 ; -0,3) dBDie Ermittlung basiert auf Gebäude-Messungen,
die in Terzbändern gewonnen wurden. $C_{50-3150} = -14$ dB $C_{50-5000} = -15$ dB $C_{100-5000} = -15$ dB $C_{tr,50-3150} = -0,4$ dB $C_{tr,50-5000} = -0,7$ dB $C_{tr,100-5000} = -0,6$ dB

Bau-Schalldämm-Maß nach ISO140-5

Messung der Luftschalldämmung von Fassadenelementen und Fassaden

Auftraggeber: Dr. Blechschmidt & Reinhold GmbH, Auf der Katzenburg 1, 99759 Großlohra

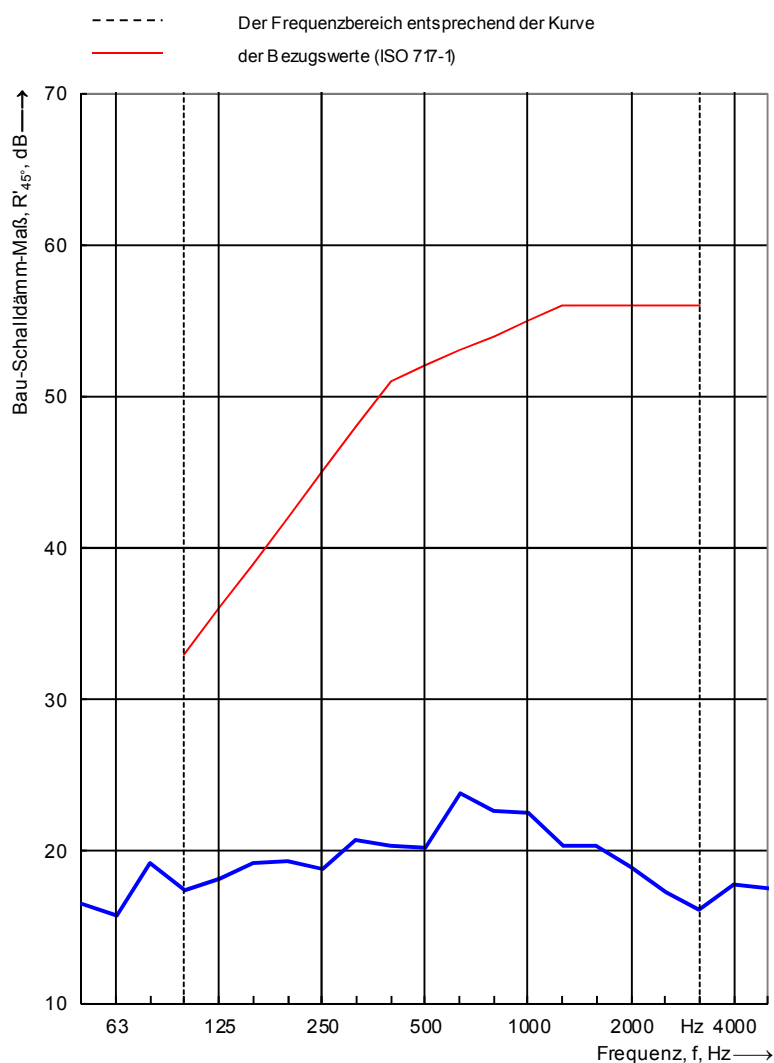
Prüfdatum: 09.11.2011

Aufbau: Zustand 1 (Außenfenster allein, Lüftungsöffnung auf) mit Randbedämpfung (Dicke 15 cm) an beiden Seiten und oben im Kasten

Objekt: Prüfobjekt im Empfangsraum (EG) des Einfamilienhauses

Fläche S des Trennbauteils: 1,44 m²Volumen des Senderraumes: m³Volumen des Empfangsraumes: 19,1 m³

Frequenz f [Hz]	R' _{45°} Terz [dB]
50	16,5
63	15,8
80	19,2
100	17,4
125	18,2
160	19,2
200	19,3
250	18,8
315	20,8
400	20,3
500	20,2
630	23,8
800	22,7
1000	22,5
1250	20,3
1600	20,3
2000	18,9
2500	17,3
3150	16,2
4000	17,8
5000	17,5



Bewertung nach ISO 717-1

 $R'_{45^\circ, w}(C; C_{tr}) = 20,6$ (-14 ; -0,3) dBDie Ermittlung basiert auf Gebäude-Messungen,
die in Terzbändern gewonnen wurden. $C_{50-3150} = -14$ dB $C_{50-5000} = -17$ dB $C_{100-5000} = -17$ dB $C_{tr, 50-3150} = -0,4$ dB $C_{tr, 50-5000} = -0,8$ dB $C_{tr, 100-5000} = -0,6$ dB

Bau-Schalldämm-Maß nach ISO140-5

Messung der Luftschalldämmung von Fassadenelementen und Fassaden

Auftraggeber: Dr. Blechschmidt & Reinhold GmbH, Auf der Katzenburg 1, 99759 Großlohra

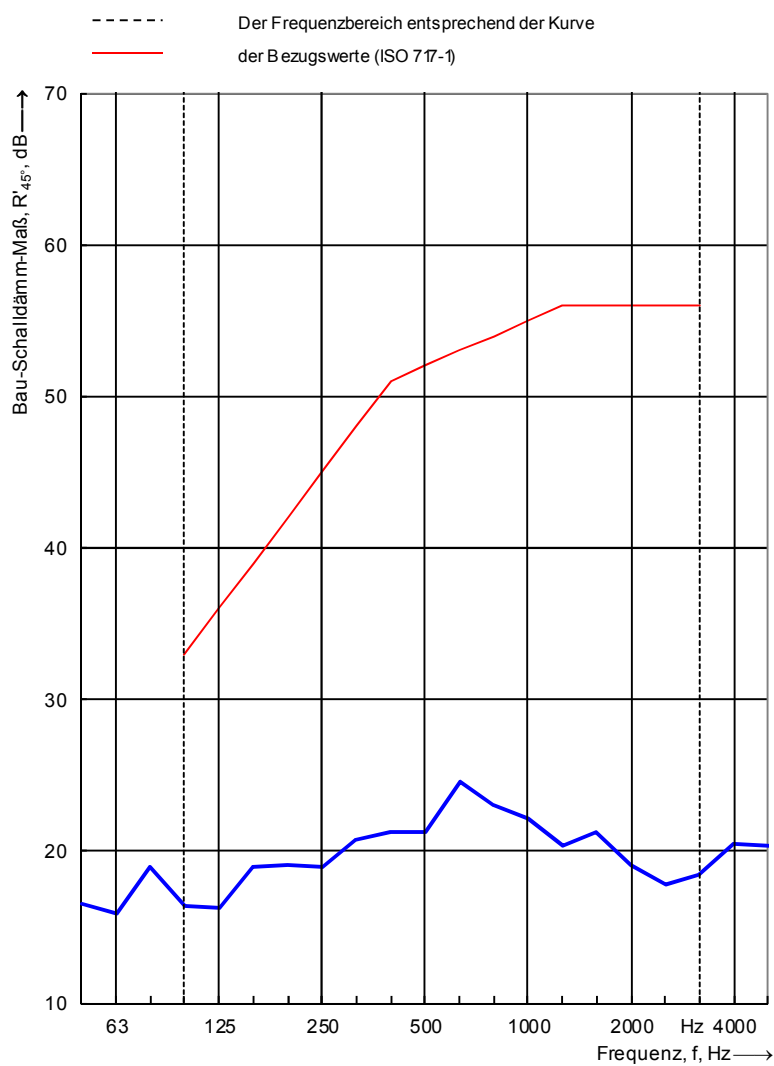
Prüfdatum: 09.11.2011

Aufbau: Zustand 1 (Außenfenster allein, Lüftungsöffnung auf) mit Randbedämpfung (Dicke 15 cm) an beiden Seiten, oben und unten im Kasten

Objekt: Prüfobjekt im Empfangsraum (EG) des Einfamilienhauses

Fläche S des Trennbauteils: 1,44 m²Volumen des Senderraumes: m³Volumen des Empfangsraumes: 19,1 m³

Frequenz f [Hz]	R' _{45°} Terz [dB]
50	16,5
63	15,9
80	18,9
100	16,4
125	16,3
160	18,9
200	19,1
250	19,0
315	20,8
400	21,2
500	21,3
630	24,6
800	23,1
1000	22,2
1250	20,3
1600	21,2
2000	19,1
2500	17,8
3150	18,4
4000	20,5
5000	20,3



Bewertung nach ISO 717-1

 $R'_{45^\circ, w}(C; C_{tr}) = 21,3$ (-13 ; -0,6) dBDie Ermittlung basiert auf Gebäude-Messungen,
die in Terzbändern gewonnen wurden. $C_{50-3150} = -13$ dB $C_{50-5000} = -12$ dB $C_{100-5000} = -12$ dB $C_{tr, 50-3150} = -0,8$ dB $C_{tr, 50-5000} = -1,0$ dB $C_{tr, 100-5000} = -0,8$ dB

Bau-Schalldämm-Maß nach ISO140-5

Messung der Luftschalldämmung von Fassadenelementen und Fassaden

Auftraggeber: Dr. Blechschmidt & Reinhold GmbH, Auf der Katzenburg 1, 99759 Großlohra

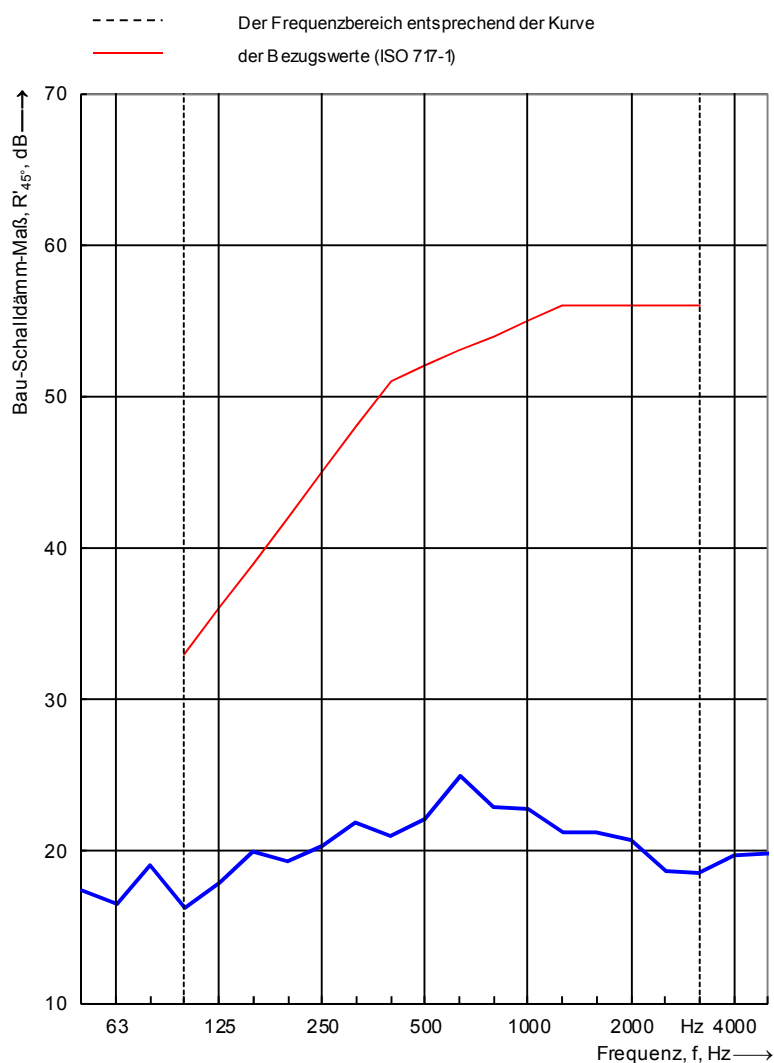
Prüfdatum: 09.11.2011

Aufbau: Zustand 1 (Außenfenster allein, Lüftungsöffnung auf) mit Randbedämpfung (Dicke 15 cm) an beiden Seiten, oben und unten im Kasten sowie am Fenstersturz

Objekt: Prüfobjekt im Empfangsraum (EG) des Einfamilienhauses

Fläche S des Trennbauteils: 1,44 m²Volumen des Senderraumes: m³Volumen des Empfangsraumes: 19,1 m³

Frequenz f [Hz]	R' _{45°} Terz [dB]
50	17,4
63	16,5
80	19,1
100	16,3
125	17,9
160	20,0
200	19,4
250	20,3
315	21,9
400	21,0
500	22,1
630	25,0
800	22,9
1000	22,8
1250	21,2
1600	21,3
2000	20,7
2500	18,7
3150	18,6
4000	19,7
5000	19,9



Bewertung nach ISO 717-1

 $R'_{45^\circ, w}(C; C_{tr}) = 21,8$ (-1,1 ; -0,5) dBDie Ermittlung basiert auf Gebäude-Messungen,
die in Terzbändern gewonnen wurden. $C_{50-3150} = -1,1$ dB $C_{50-5000} = -1,3$ dB $C_{100-5000} = -1,3$ dB $C_{tr, 50-3150} = -0,6$ dB $C_{tr, 50-5000} = -0,9$ dB $C_{tr, 100-5000} = -0,7$ dB

(Tabelle 6.4, Nr. 1)

Bau-Schalldämm-Maß nach ISO140-5

Messung der Luftschalldämmung von Fassadenelementen und Fassaden

Auftraggeber: Dr. Blechschmidt & Reinhold GmbH, Auf der Katzenburg 1, 99759 Großlohra

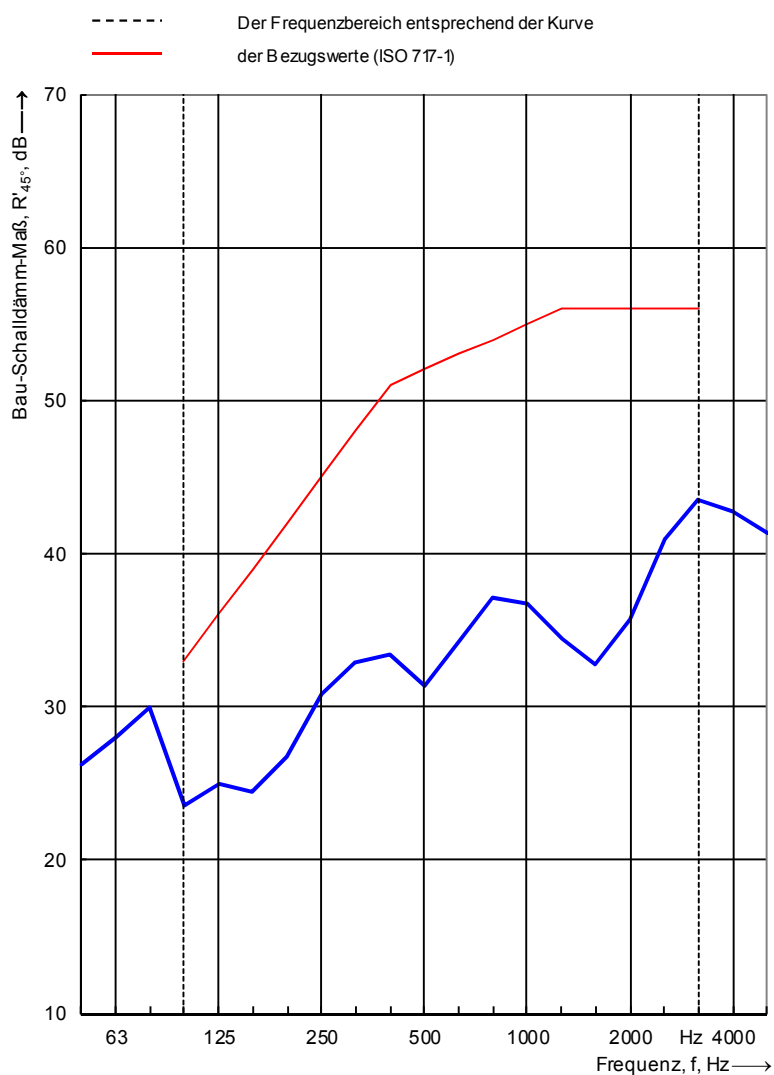
Prüfdatum: 02.11.2011

Aufbau: Zustand 2 (Außenfenster allein, Lüftungsöffnung zu) ohne Randbedämpfung

Objekt: Prüfobjekt im Empfangsraum (EG) des Einfamilienhauses

Fläche S des Trennbauteils: 144 m²Volumen des Senderraumes: m³Volumen des Empfangsraumes: 19,1 m³

Frequenz f [Hz]	R' _{45°} Terz [dB]
50	26,3
63	28,1
80	30,0
100	23,6
125	25,0
160	24,4
200	26,7
250	30,8
315	32,9
400	33,4
500	31,4
630	34,3
800	37,1
1000	36,7
1250	34,4
1600	32,8
2000	35,7
2500	41,0
3150	43,5
4000	42,8
5000	41,3



Bewertung nach ISO 717-1

R'_{45°w}(C; C_{tr}) = 36,3 (-16 ; -3,4) dBDie Ermittlung basiert auf Gebäude-Messungen,
die in Terzbändern gewonnen wurden.C₅₀₋₃₁₅₀ = -17 dB C₅₀₋₅₀₀₀ = -0,8 dB C₁₀₀₋₅₀₀₀ = -0,8 dBC_{tr,50-3150} = -3,6 dB C_{tr,50-5000} = -3,6 dB C_{tr,100-5000} = -3,4 dB

Bau-Schalldämm-Maß nach ISO140-5

Messung der Luftschalldämmung von Fassadenelementen und Fassaden

Auftraggeber: Dr. Blechschmidt & Reinhold GmbH, Auf der Katzenburg 1, 99759 Großlohra

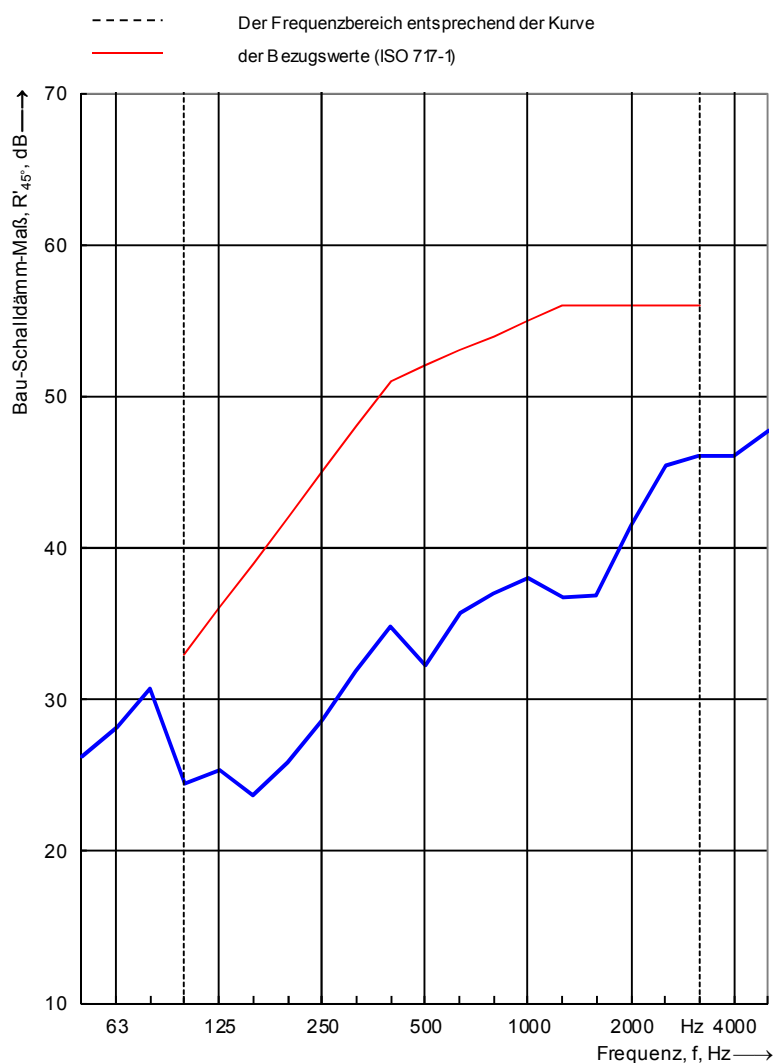
Prüfdatum: 02.11.2011

Aufbau: Zustand 2 (Außenfenster allein, Lüftungsöffnung zu) ohne Randbedämpfung, äußeres Lüftungselement abgedichtet

Objekt: Prüfobjekt im Empfangsraum (EG) des Einfamilienhauses

Fläche S des Trennbauteils: 1,44 m²Volumen des Senderraumes: m³Volumen des Empfangsraumes: 19,1 m³

Frequenz f [Hz]	R' _{45°} Terz [dB]
50	26,2
63	28,2
80	30,7
100	24,4
125	25,3
160	23,7
200	25,8
250	28,7
315	31,9
400	34,8
500	32,3
630	35,7
800	37,0
1000	38,0
1250	36,8
1600	36,9
2000	41,5
2500	45,5
3150	46,1
4000	46,1
5000	47,7



Bewertung nach ISO 717-1

R'_{45°w}(C;C_{tr}) = 37,6 (-14 ; -4,1) dBDie Ermittlung basiert auf Gebäude-Messungen,
die in Terzbändern gewonnen wurden.C₅₀₋₃₁₅₀ = -14 dB C₅₀₋₅₀₀₀ = -0,5 dB C₁₀₀₋₅₀₀₀ = -0,5 dBC_{tr,50-3150} = -4,3 dB C_{tr,50-5000} = -4,3 dB C_{tr,100-5000} = -4,1 dB

Bau-Schalldämm-Maß nach ISO140-5

Messung der Luftschalldämmung von Fassadenelementen und Fassaden

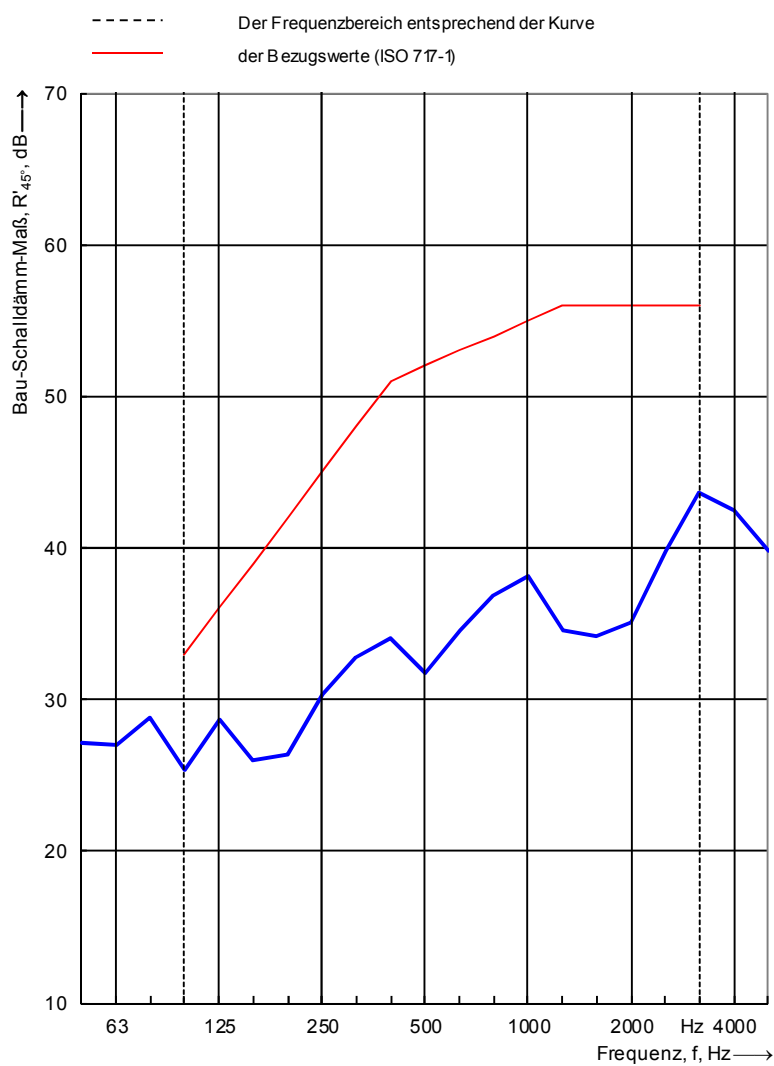
Auftraggeber: Dr. Blechschmidt & Reinhold GmbH, Auf der Katzenburg 1, 99759 Großlohra Prüfdatum: 06.11.2011

Aufbau: Zustand 2 (Außenfenster allein, Lüftungsöffnung zu) mit Randbedämpfung (Dicke 15 cm) unten im Kasten

Objekt: Prüfobjekt im Empfangsraum (EG) des Einfamilienhauses

Fläche S des Trennbauteils: 1,44 m²Volumen des Senderraumes: m³Volumen des Empfangsraumes: 19,1 m³

Frequenz f [Hz]	R' _{45°} Terz [dB]
50	27,2
63	27,0
80	28,8
100	25,3
125	28,7
160	26,0
200	26,4
250	30,3
315	32,8
400	34,0
500	31,8
630	34,5
800	36,9
1000	38,1
1250	34,6
1600	34,2
2000	35,1
2500	39,8
3150	43,7
4000	42,5
5000	39,8



Bewertung nach ISO 717-1

R'_{45°w}(C;C_{tr}) = 36,6 (-15 ; -3,1) dBDie Ermittlung basiert auf Gebäude-Messungen,
die in Terzbändern gewonnen wurden.C₅₀₋₃₁₅₀ = -15 dB C₅₀₋₅₀₀₀ = -0,8 dB C₁₀₀₋₅₀₀₀ = -0,8 dBC_{tr,50-3150} = -3,3 dB C_{tr,50-5000} = -3,4 dB C_{tr,100-5000} = -3,1 dB

Bau-Schalldämm-Maß nach ISO140-5

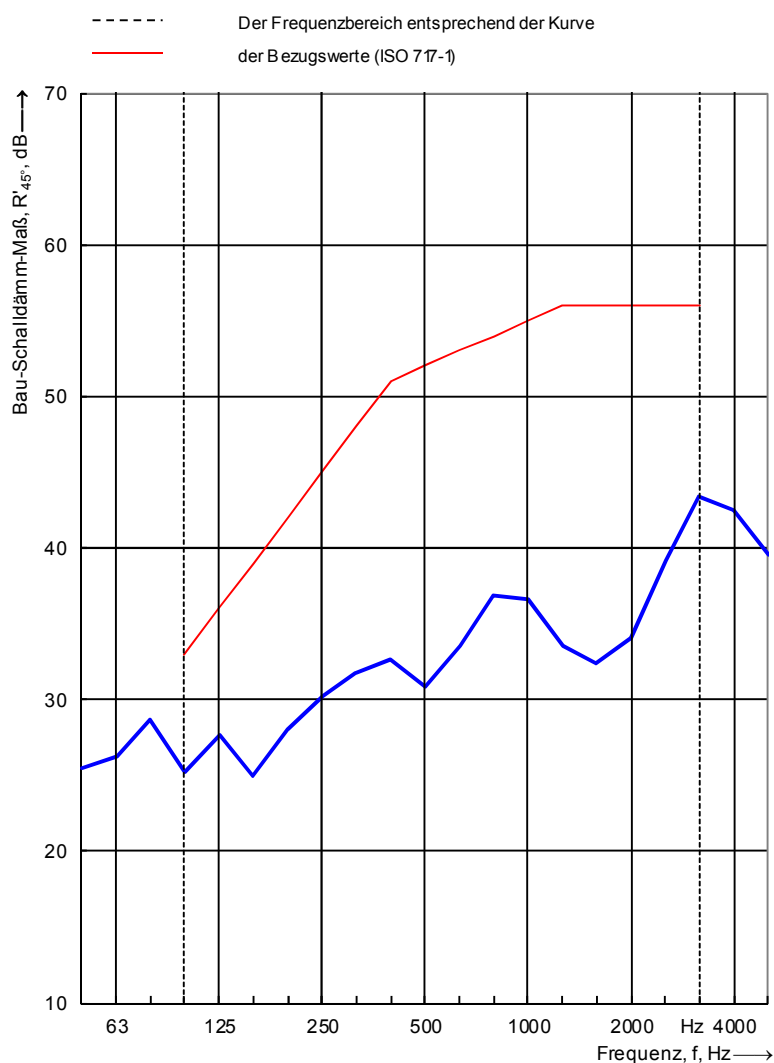
Messung der Luftschalldämmung von Fassadenelementen und Fassaden

Auftraggeber: Dr. Blechschmidt & Reinhold GmbH, Auf der Katzenburg 1, 99759 Großlohra Prüfdatum: 07.11.2011
 Aufbau: Zustand 2 (Außenfenster allein, Lüftungsöffnung zu) mit Randbedämpfung (Dicke 15 cm) oben im Kasten

Objekt: Prüfobjekt im Empfangsraum (EG) des Einfamilienhauses

Fläche S des Trennbauteils: 1,44 m²
 Volumen des Senderraumes: m³
 Volumen des Empfangsraumes: 19,1 m³

Frequenz f [Hz]	R' _{45°} Terz [dB]
50	25,5
63	26,3
80	28,7
100	25,2
125	27,6
160	25,0
200	28,1
250	30,2
315	31,8
400	32,7
500	30,9
630	33,6
800	36,9
1000	36,6
1250	33,5
1600	32,4
2000	34,1
2500	39,2
3150	43,4
4000	42,5
5000	39,6



Bewertung nach ISO 717-1

R'_{45°w}(C;C_{tr}) = 35,6 (-14 ; -2,7) dB

Die Ermittlung basiert auf Gebäude-Messungen,
 die in Terzbändern gewonnen wurden.

C₅₀₋₃₁₅₀ = -15 dB C₅₀₋₅₀₀₀ = -0,7 dB C₁₀₀₋₅₀₀₀ = -0,7 dBC_{tr,50-3150} = -3,0 dB C_{tr,50-5000} = -3,0 dB C_{tr,100-5000} = -2,8 dB

Bau-Schalldämm-Maß nach ISO140-5

Messung der Luftschalldämmung von Fassadenelementen und Fassaden

Auftraggeber: Dr. Blechschmidt & Reinhold GmbH, Auf der Katzenburg 1, 99759 Großlohra

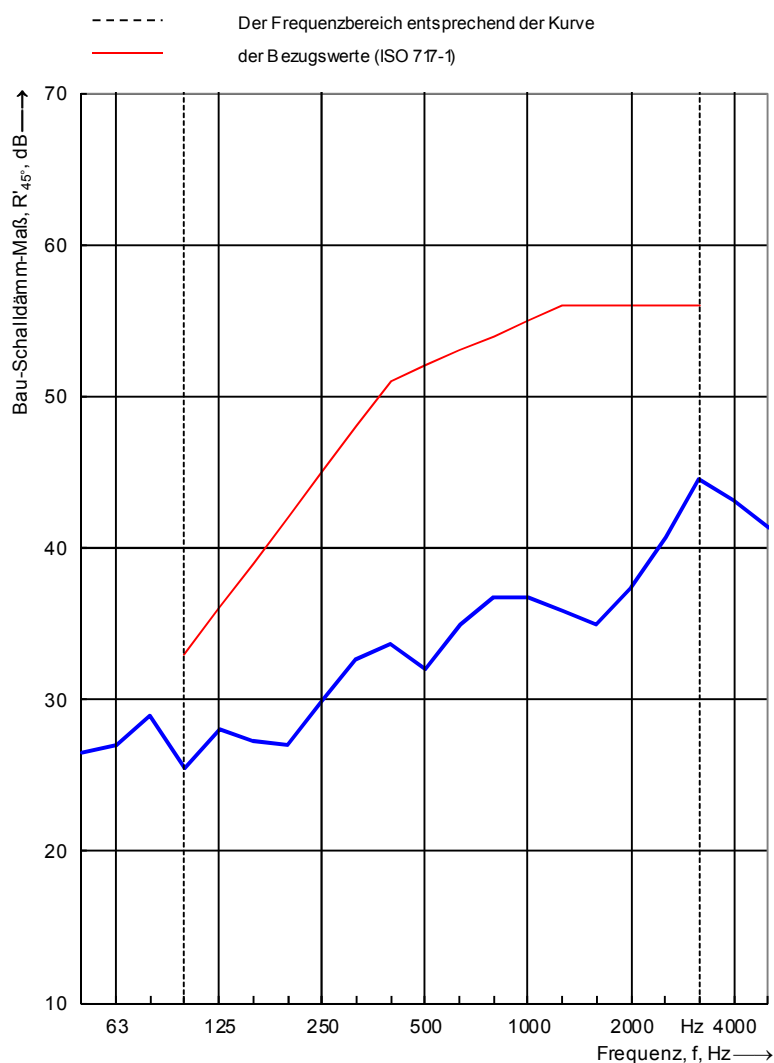
Prüfdatum: 08.11.2011

Aufbau: Zustand 2 (Außenfenster allein, Lüftungsöffnung zu) mit Randbedämpfung (Dicke 15 cm) an beiden Seiten im Kasten

Objekt: Prüfobjekt im Empfangsraum (EG) des Einfamilienhauses

Fläche S des Trennbauteils: 1,44 m²Volumen des Senderraumes: m³Volumen des Empfangsraumes: 19,1 m³

Frequenz f [Hz]	R' _{45°} Terz [dB]
50	26,5
63	27,0
80	28,9
100	25,5
125	28,0
160	27,3
200	27,0
250	29,9
315	32,7
400	33,7
500	32,0
630	35,0
800	36,8
1000	36,8
1250	35,8
1600	34,9
2000	37,4
2500	40,7
3150	44,5
4000	43,1
5000	41,3



Bewertung nach ISO 717-1

R'_{45°w}(C;C_{tr}) = 37,0 (-13 ; -3,1) dBDie Ermittlung basiert auf Gebäude-Messungen,
die in Terzbändern gewonnen wurden.C₅₀₋₃₁₅₀ = -13 dB C₅₀₋₅₀₀₀ = -0,6 dB C₁₀₀₋₅₀₀₀ = -0,6 dBC_{tr,50-3150} = -3,4 dB C_{tr,50-5000} = -3,4 dB C_{tr,100-5000} = -3,1 dB

Bau-Schalldämm-Maß nach ISO140-5

Messung der Luftschalldämmung von Fassadenelementen und Fassaden

Auftraggeber: Dr. Blechschmidt & Reinhold GmbH, Auf der Katzenburg 1, 99759 Großlohra

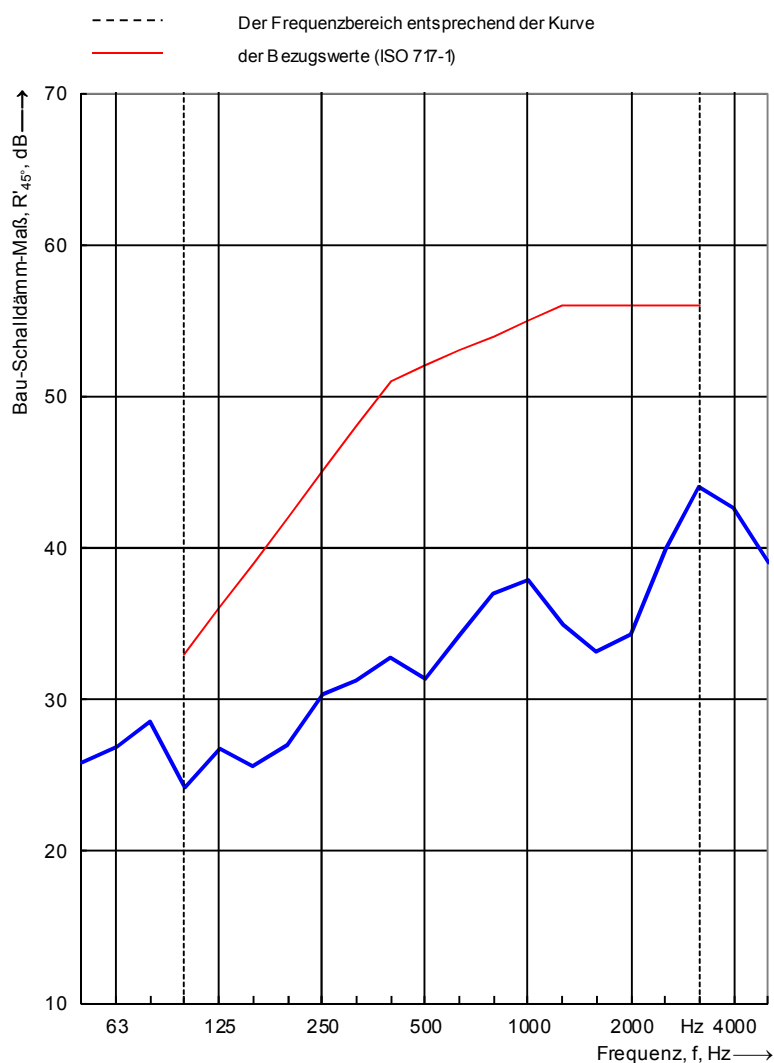
Prüfdatum: 09.11.2011

Aufbau: Zustand 2 (Außenfenster allein, Lüftungsöffnung zu) mit Randbedämpfung (Dicke 15 cm) an beiden Seiten und oben im Kasten

Objekt: Prüfobjekt im Empfangsraum (EG) des Einfamilienhauses

Fläche S des Trennbauteils: 1,44 m²Volumen des Senderraumes: m³Volumen des Empfangsraumes: 19,1 m³

Frequenz f [Hz]	R' _{45°} Terz [dB]
50	25,9
63	26,9
80	28,5
100	24,2
125	26,8
160	25,6
200	27,0
250	30,3
315	31,2
400	32,8
500	31,4
630	34,3
800	37,0
1000	37,9
1250	34,9
1600	33,2
2000	34,3
2500	40,0
3150	44,0
4000	42,6
5000	39,0



Bewertung nach ISO 717-1

R'_{45°w}(C;C_{tr}) = 36,2 (-15 ; -3,1) dBDie Ermittlung basiert auf Gebäude-Messungen,
die in Terzbändern gewonnen wurden.C₅₀₋₃₁₅₀ = -15 dB C₅₀₋₅₀₀₀ = -0,8 dB C₁₀₀₋₅₀₀₀ = -0,8 dBC_{tr,50-3150} = -3,3 dB C_{tr,50-5000} = -3,4 dB C_{tr,100-5000} = -3,1 dB

Bau-Schalldämm-Maß nach ISO140-5

Messung der Luftschalldämmung von Fassadenelementen und Fassaden

Auftraggeber: Dr. Blechschmidt & Reinhold GmbH, Auf der Katzenburg 1, 99759 Großlohra

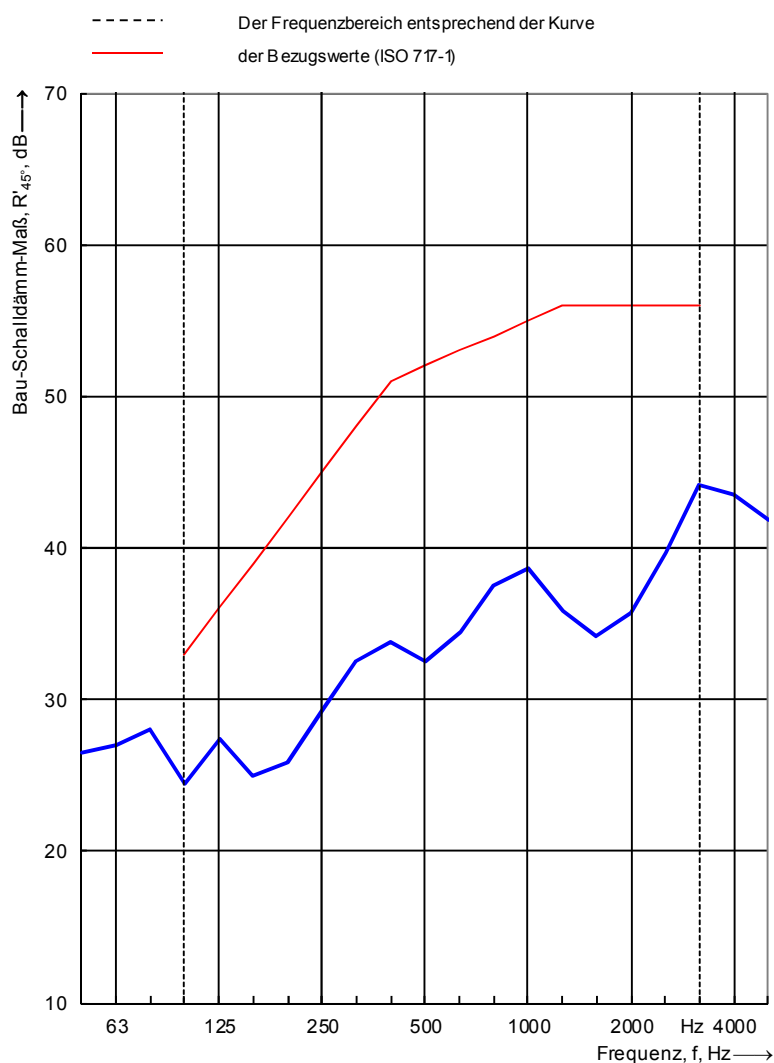
Prüfdatum: 09.11.2011

Aufbau: Zustand 2 (Außenfenster allein, Lüftungsöffnung zu) mit Randbedämpfung (Dicke 15 cm) an beiden Seiten, oben und unten im Kasten

Objekt: Prüfobjekt im Empfangsraum (EG) des Einfamilienhauses

Fläche S des Trennbauteils: 1,44 m²Volumen des Senderraumes: m³Volumen des Empfangsraumes: 19,1 m³

Frequenz f [Hz]	R' _{45°} Terz [dB]
50	26,5
63	27,0
80	28,0
100	24,5
125	27,4
160	25,0
200	25,8
250	29,3
315	32,5
400	33,8
500	32,5
630	34,4
800	37,5
1000	38,6
1250	35,8
1600	34,2
2000	35,7
2500	39,7
3150	44,1
4000	43,5
5000	41,8



Bewertung nach ISO 717-1

R'_{45°w}(C;C_{tr}) = 36,8 (-15 ; -3,4) dBDie Ermittlung basiert auf Gebäude-Messungen,
die in Terzbändern gewonnen wurden.C₅₀₋₃₁₅₀ = -16 dB C₅₀₋₅₀₀₀ = -0,8 dB C₁₀₀₋₅₀₀₀ = -0,7 dBC_{tr,50-3150} = -3,7 dB C_{tr,50-5000} = -3,7 dB C_{tr,100-5000} = -3,4 dB

Bau-Schalldämm-Maß nach ISO140-5

Messung der Luftschalldämmung von Fassadenelementen und Fassaden

Auftraggeber: Dr. Blechschmidt & Reinhold GmbH, Auf der Katzenburg 1, 99759 Großlohra

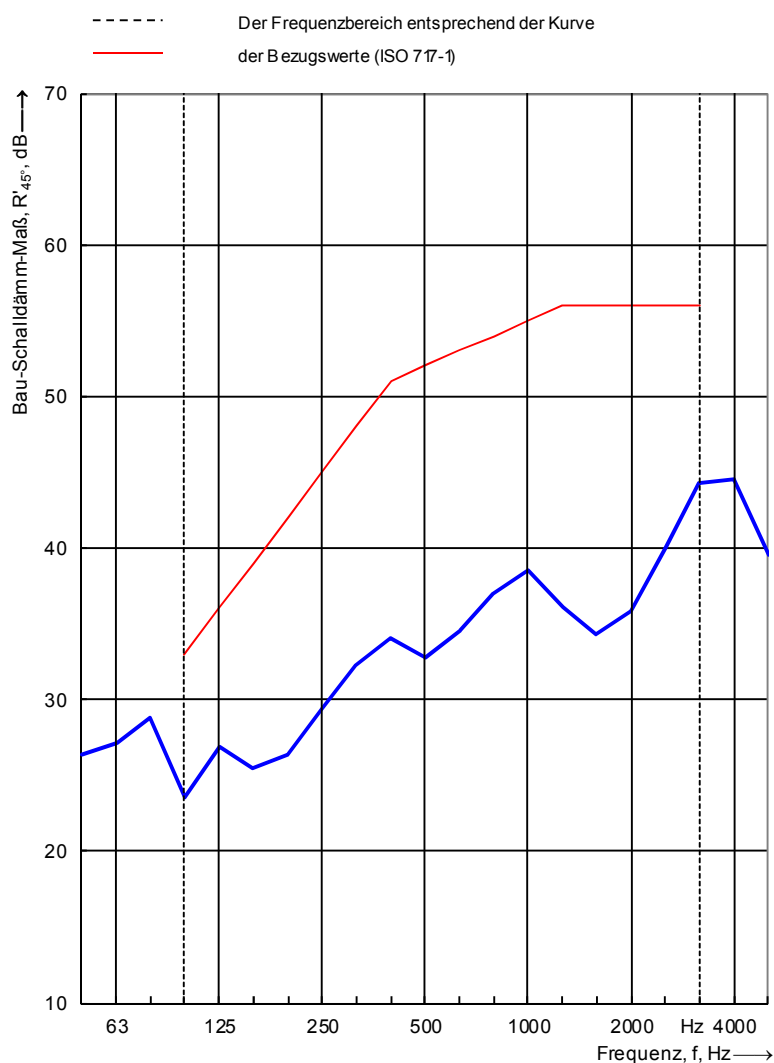
Prüfdatum: 09.11.2011

Aufbau: Zustand 2 (Außenfenster allein, Lüftungsöffnung zu) mit Randbedämpfung (Dicke 15 cm) an beiden Seiten, oben und unten im Kasten sowie am Fenstersturz

Objekt: Prüfobjekt im Empfangsraum (EG) des Einfamilienhauses

Fläche S des Trennbauteils: 1,44 m²Volumen des Senderraumes: m³Volumen des Empfangsraumes: 19,1 m³

Frequenz f [Hz]	R' _{45°} Terz [dB]
50	26,4
63	27,1
80	28,8
100	23,6
125	26,9
160	25,5
200	26,4
250	29,5
315	32,2
400	34,0
500	32,8
630	34,6
800	37,0
1000	38,5
1250	36,1
1600	34,3
2000	35,9
2500	40,1
3150	44,3
4000	44,5
5000	39,6



Bewertung nach ISO 717-1

R'_{45°w}(C;C_{tr}) = 36,9 (-15 ; -3,4) dB

Die Ermittlung basiert auf Gebäude-Messungen,
die in Terzbändern gewonnen wurden.

C₅₀₋₃₁₅₀ = -15 dB C₅₀₋₅₀₀₀ = -0,8 dB C₁₀₀₋₅₀₀₀ = -0,7 dBC_{tr,50-3150} = -3,7 dB C_{tr,50-5000} = -3,7 dB C_{tr,100-5000} = -3,4 dB

(Tabelle 6.5, Nr. 1)

Bau-Schalldämm-Maß nach ISO140-5

Messung der Luftschalldämmung von Fassadenelementen und Fassaden

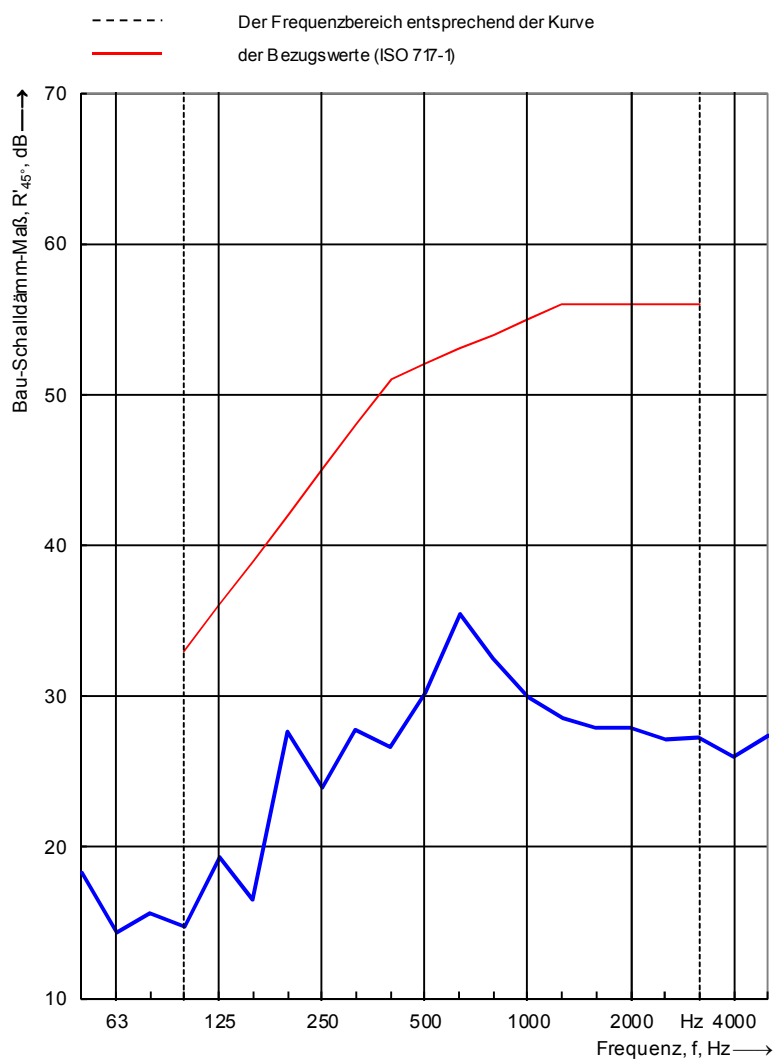
Auftraggeber: Dr. Blechschmidt & Reinhold GmbH, Auf der Katzenburg 1, 99759 Großlohra
 Aufbau: Zustand 3 (Normalbetrieb Zuluft-Kastenfenster) ohne Randbedämpfung

Prüfdatum: 02.11.2011

Objekt: Prüfobjekt im Empfangsraum (EG) des Einfamilienhauses

Fläche S des Trennbauteils: 1,44 m²
 Volumen des Senderraumes: m³
 Volumen des Empfangsraumes: 19,1 m³

Frequenz f [Hz]	R' _{45°} Terz [dB]
50	18,3
63	14,4
80	15,6
100	14,7
125	19,3
160	16,5
200	27,7
250	24,0
315	27,8
400	26,6
500	30,2
630	35,5
800	32,5
1000	29,9
1250	28,5
1600	27,9
2000	27,9
2500	27,1
3150	27,3
4000	26,0
5000	27,4



Bewertung nach ISO 717-1

R'_{45°w}(C;C_{tr}) = 29,3 (-14 ; -2,5) dB

Die Ermittlung basiert auf Gebäude-Messungen,
 die in Terzbändern gewonnen wurden.

C₅₀₋₃₁₅₀ = -1,5 dB C₅₀₋₅₀₀₀ = -1,7 dB C₁₀₀₋₅₀₀₀ = -1,7 dBC_{tr,50-3150} = -3,4 dB C_{tr,50-5000} = -3,5 dB C_{tr,100-5000} = -2,7 dB

Bau-Schalldämm-Maß nach ISO140-5

Messung der Luftschalldämmung von Fassadenelementen und Fassaden

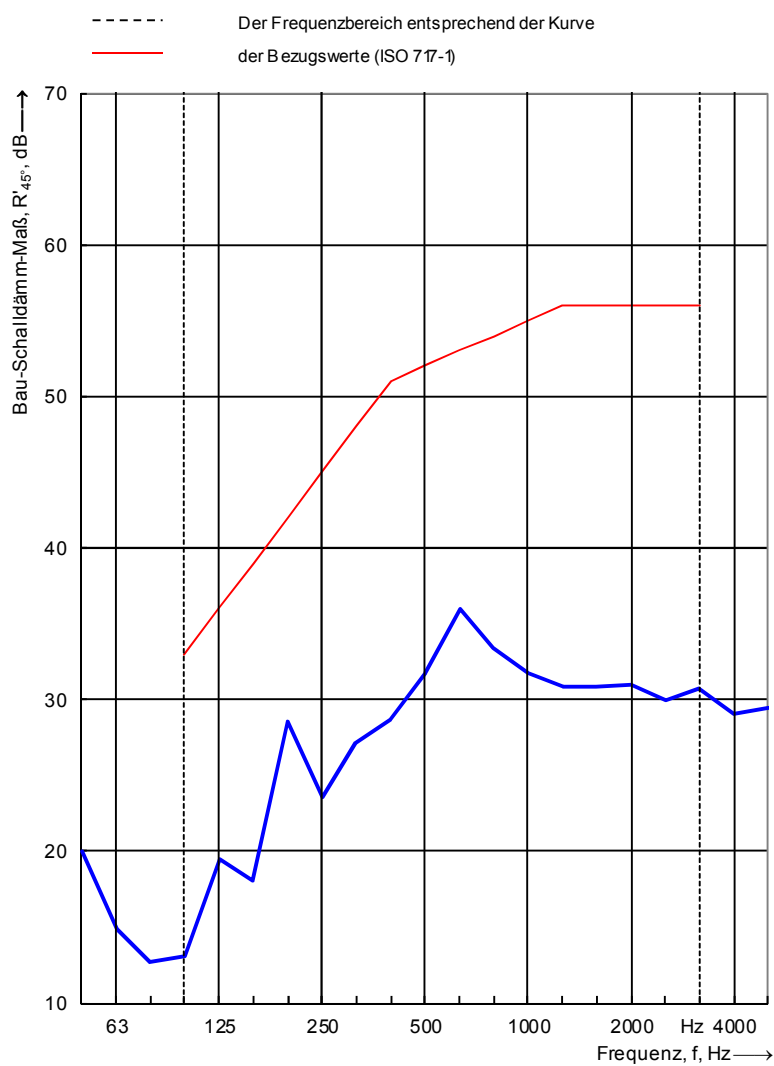
Auftraggeber: Dr. Blechschmidt & Reinhold GmbH, Auf der Katzenburg 1, 99759 Großlohra Prüfdatum: 06.11.2011

Aufbau: Zustand 3 (Normalbetrieb Zuluft-Kastenfenster) mit Randbedämpfung (Dicke 15 cm) unten im Kasten

Objekt: Prüfobjekt im Empfangsraum (EG) des Einfamilienhauses

Fläche S des Trennbauteils: 1,44 m²Volumen des Senderraumes: m³Volumen des Empfangsraumes: 19,1 m³

Frequenz f [Hz]	R' _{45°} Terz [dB]
50	20,0
63	14,9
80	12,7
100	13,1
125	19,5
160	18,0
200	28,5
250	23,6
315	27,1
400	28,7
500	31,7
630	36,0
800	33,4
1000	31,7
1250	30,9
1600	30,9
2000	31,0
2500	30,0
3150	30,7
4000	29,0
5000	29,4



Bewertung nach ISO 717-1

 $R'_{45^\circ, w}(C; C_{tr}) = 31,6$ (-16 ; -4,0) dBDie Ermittlung basiert auf Gebäude-Messungen,
die in Terzbändern gewonnen wurden. $C_{50-3150} = -1,8$ dB $C_{50-5000} = -1,9$ dB $C_{100-5000} = -1,8$ dB $C_{tr, 50-3150} = -5,3$ dB $C_{tr, 50-5000} = -5,4$ dB $C_{tr, 100-5000} = -4,1$ dB

Bau-Schalldämm-Maß nach ISO140-5

Messung der Luftschalldämmung von Fassadenelementen und Fassaden

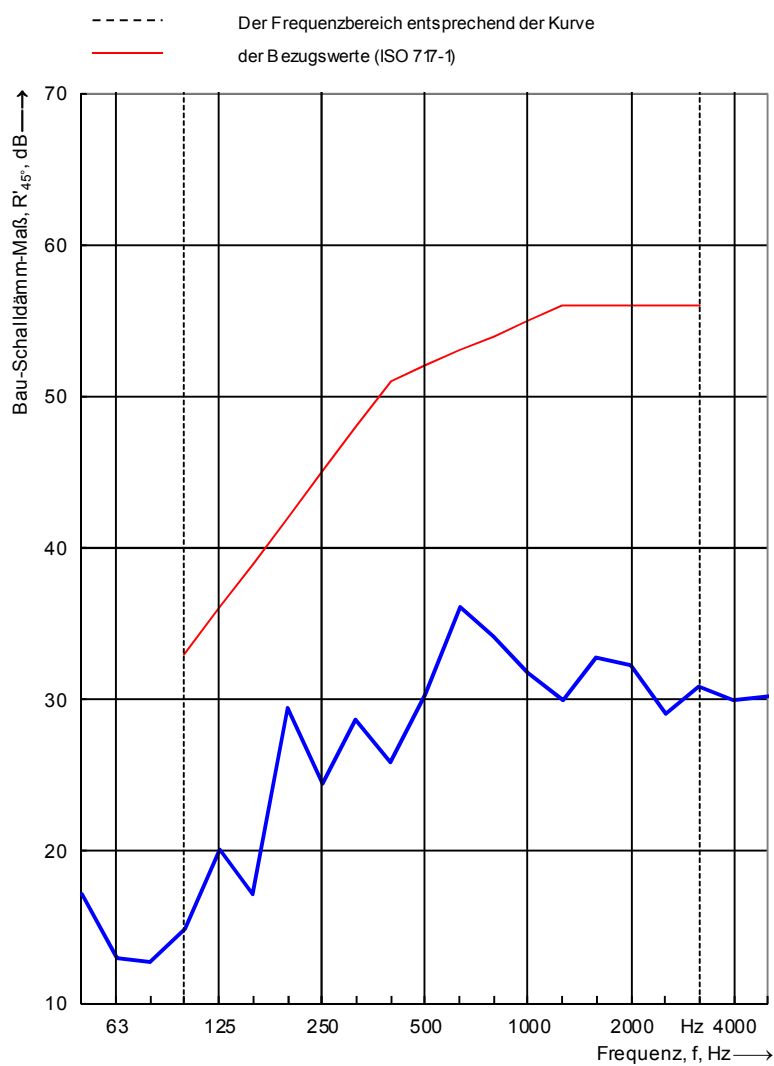
Auftraggeber: Dr. Blechschmidt & Reinhold GmbH, Auf der Katzenburg 1, 99759 Großlohra Prüfdatum: 07.11.2011

Aufbau: Zustand 3 (Normalbetrieb Zuluft-Kastenfenster) mit Randbedämpfung (Dicke 15 cm) oben im Kasten

Objekt: Prüfobjekt im Empfangsraum (EG) des Einfamilienhauses

Fläche S des Trennbauteils: 1,44 m²Volumen des Senderraumes: m³Volumen des Empfangsraumes: 19,1 m³

Frequenz f [Hz]	R' _{45°} Terz [dB]
50	17,2
63	12,9
80	12,7
100	14,9
125	20,1
160	17,2
200	29,4
250	24,4
315	28,7
400	25,9
500	30,3
630	36,1
800	34,2
1000	31,8
1250	30,0
1600	32,8
2000	32,3
2500	29,1
3150	30,8
4000	30,0
5000	30,2



Bewertung nach ISO 717-1

 $R'_{45^\circ, w}(C; C_{tr}) = 314 \text{ (-14 ; -3,4) dB}$ Die Ermittlung basiert auf Gebäude-Messungen,
die in Terzbändern gewonnen wurden. $C_{50-3150} = -16 \text{ dB}$ $C_{50-5000} = -15 \text{ dB}$ $C_{100-5000} = -14 \text{ dB}$ $C_{tr, 50-3150} = -5,1 \text{ dB}$ $C_{tr, 50-5000} = -5,2 \text{ dB}$ $C_{tr, 100-5000} = -3,5 \text{ dB}$

Bau-Schalldämm-Maß nach ISO140-5

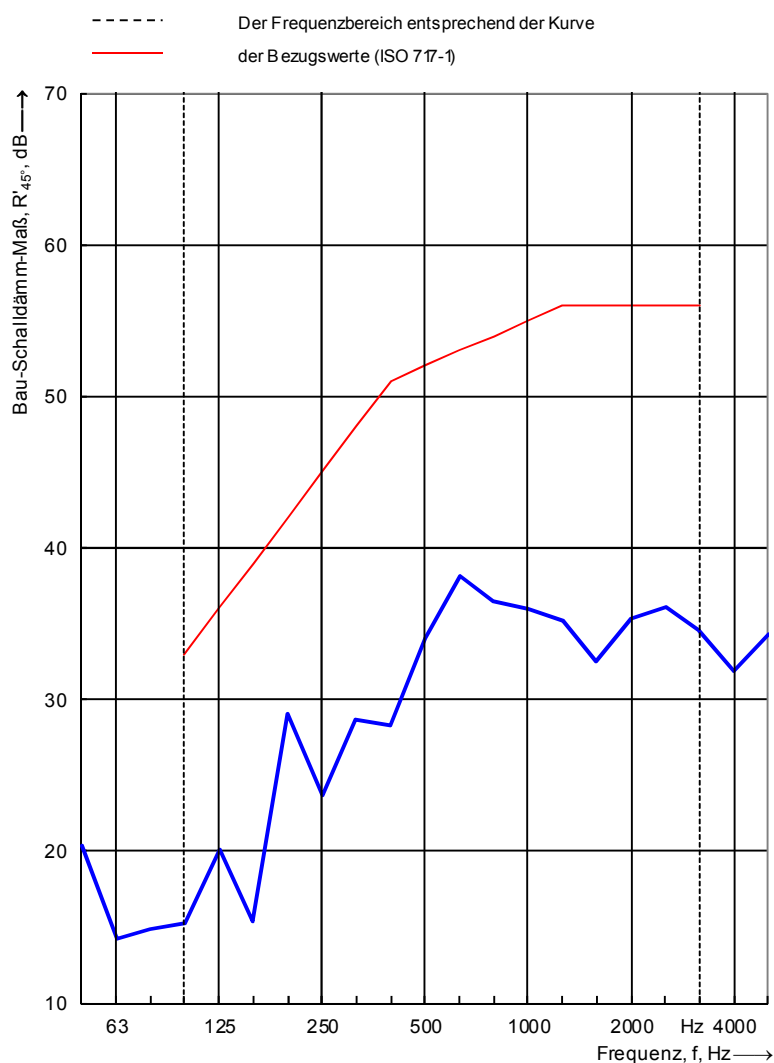
Messung der Luftschalldämmung von Fassadenelementen und Fassaden

Auftraggeber: Dr. Blechschmidt & Reinhold GmbH, Auf der Katzenburg 1, 99759 Großlohra Prüfdatum: 02.12.2011
 Aufbau: Zustand 3 (Normalbetrieb Zuluft-Kastenfenster) mit Randbedämpfung (Dicke 15 cm) an beiden Seiten im Kasten

Objekt: Prüfobjekt im Empfangsraum (EG) des Einfamilienhauses

Fläche S des Trennbauteils: 1,44 m²
 Volumen des Senderraumes: m³
 Volumen des Empfangsraumes: 19,1 m³

Frequenz f [Hz]	R' _{45°} Terz [dB]
50	20,4
63	14,2
80	14,8
100	15,3
125	20,1
160	15,4
200	29,1
250	23,7
315	28,7
400	28,3
500	34,1
630	38,2
800	36,5
1000	36,0
1250	35,2
1600	32,5
2000	35,3
2500	36,1
3150	34,6
4000	31,9
5000	34,3



Bewertung nach ISO 717-1

 $R'_{45^\circ, w}(C; C_{tr}) = 33,9 \text{ (-19 ; -5,3) dB}$

Die Ermittlung basiert auf Gebäude-Messungen,
 die in Terzbändern gewonnen wurden.

 $C_{50-3150} = -2,1 \text{ dB} \quad C_{50-5000} = -1,9 \text{ dB} \quad C_{100-5000} = -1,7 \text{ dB}$
 $C_{tr, 50-3150} = -6,6 \text{ dB} \quad C_{tr, 50-5000} = -6,7 \text{ dB} \quad C_{tr, 100-5000} = -5,4 \text{ dB}$

Bau-Schalldämm-Maß nach ISO140-5

Messung der Luftschalldämmung von Fassadenelementen und Fassaden

Auftraggeber: Dr. Blechschmidt & Reinhold GmbH, Auf der Katzenburg 1, 99759 Großlohra

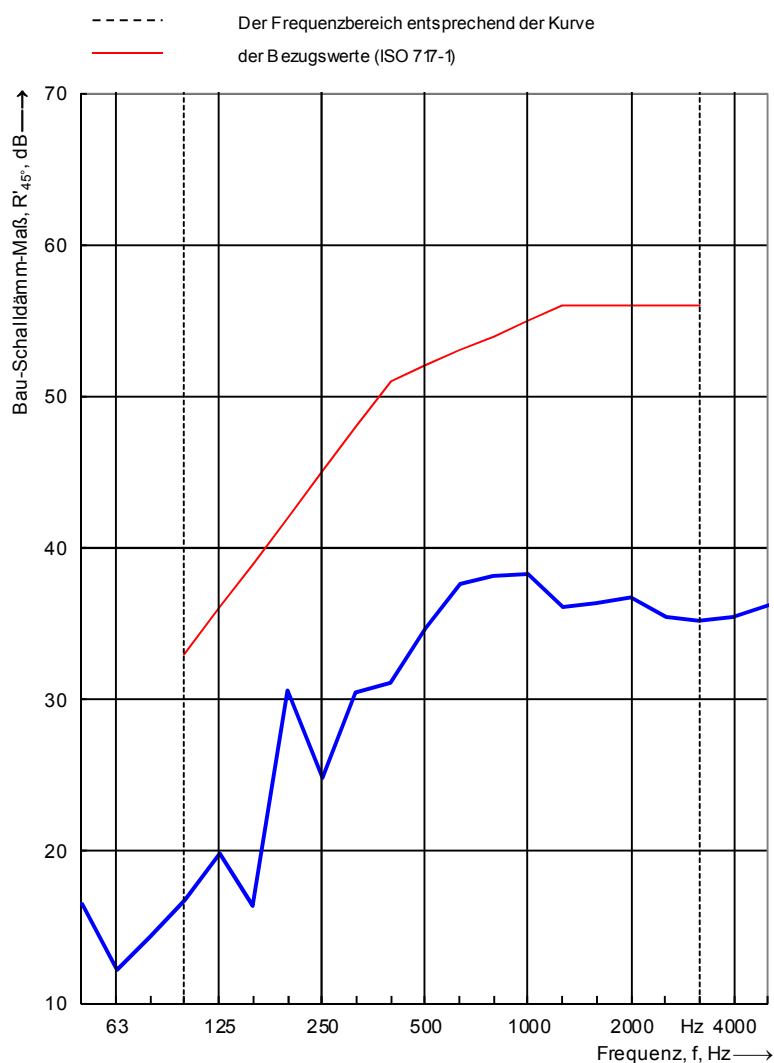
Prüfdatum: 09.11.2011

Aufbau: Zustand 3 (Normalbetrieb Zuluft-Kastenfenster) mit Randbedämpfung (Dicke 15 cm) an beiden Seiten und oben im Kasten

Objekt: Prüfobjekt im Empfangsraum (EG) des Einfamilienhauses

Fläche S des Trennbauteils: 1,44 m²Volumen des Senderraumes: m³Volumen des Empfangsraumes: 19,1 m³

Frequenz f [Hz]	R' _{45°} Terz [dB]
50	16,5
63	12,2
80	14,4
100	16,8
125	19,8
160	16,4
200	30,6
250	24,9
315	30,5
400	31,1
500	34,7
630	37,6
800	38,1
1000	38,3
1250	36,1
1600	36,3
2000	36,8
2500	35,4
3150	35,2
4000	35,5
5000	36,2



Bewertung nach ISO 717-1

 $R'_{45,w}(C;C_{tr}) = 35,4 \text{ (-2,2 ; -5,6) dB}$ Die Ermittlung basiert auf Gebäude-Messungen,
die in Terzbändern gewonnen wurden. $C_{50-3150} = -2,5 \text{ dB}$ $C_{50-5000} = -2,0 \text{ dB}$ $C_{100-5000} = -1,7 \text{ dB}$ $C_{tr,50-3150} = -7,7 \text{ dB}$ $C_{tr,50-5000} = -7,8 \text{ dB}$ $C_{tr,100-5000} = -5,7 \text{ dB}$

Bau-Schalldämm-Maß nach ISO140-5

Messung der Luftschalldämmung von Fassadenelementen und Fassaden

Auftraggeber: Dr. Blechschmidt & Reinhold GmbH, Auf der Katzenburg 1, 99759 Großlohra

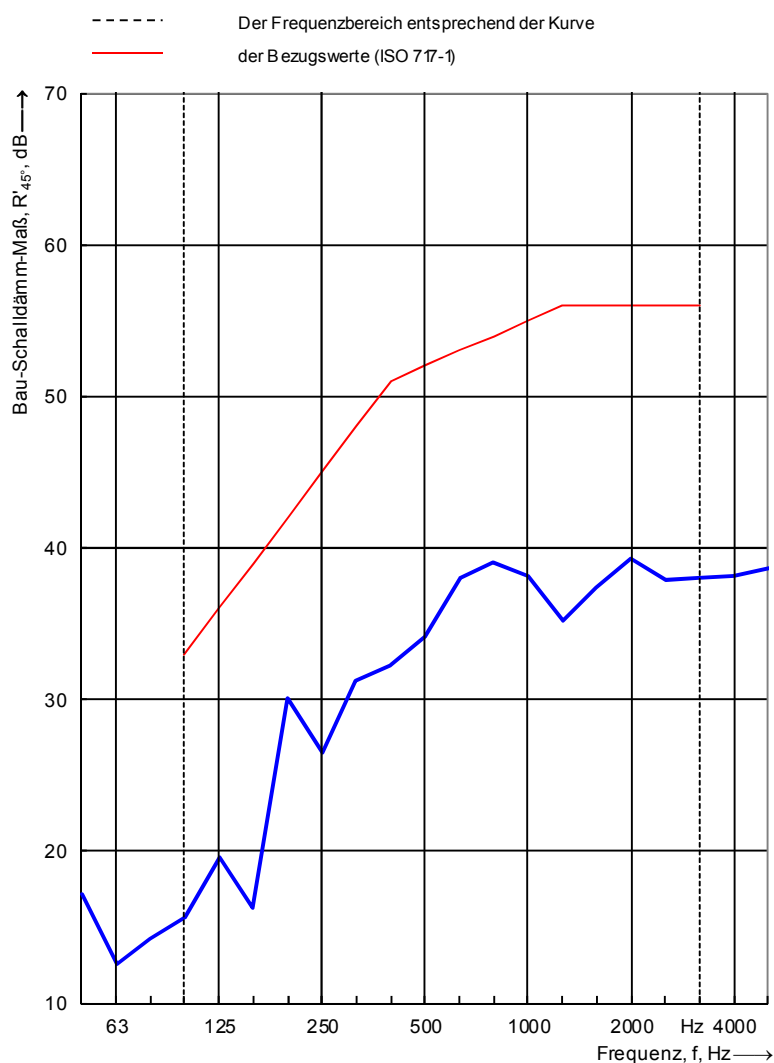
Prüfdatum: 09.11.2011

Aufbau: Zustand 3 (Normalbetrieb Zuluft-Kastenfenster) mit Randbedämpfung (Dicke 15 cm) an beiden Seiten, oben und unten im Kasten

Objekt: Prüfobjekt im Empfangsraum (EG) des Einfamilienhauses

Fläche S des Trennbauteils: 1,44 m²Volumen des Senderraumes: m³Volumen des Empfangsraumes: 19,1 m³

Frequenz f [Hz]	R' _{45°} Terz [dB]
50	17,2
63	12,6
80	14,2
100	15,6
125	19,6
160	16,3
200	30,1
250	26,5
315	31,2
400	32,3
500	34,2
630	38,0
800	39,1
1000	38,1
1250	35,2
1600	37,4
2000	39,3
2500	37,9
3150	38,0
4000	38,2
5000	38,6



Bewertung nach ISO 717-1

 $R'_{45,w}(C;C_{tr}) = 36,2$ (-2,4 ; -6,5) dBDie Ermittlung basiert auf Gebäude-Messungen,
die in Terzbändern gewonnen wurden. $C_{50-3150} = -2,8$ dB $C_{50-5000} = -2,1$ dB $C_{100-5000} = -1,8$ dB $C_{tr,50-3150} = -8,5$ dB $C_{tr,50-5000} = -8,5$ dB $C_{tr,100-5000} = -6,5$ dB

Bau-Schalldämm-Maß nach ISO140-5

Messung der Luftschalldämmung von Fassadenelementen und Fassaden

Auftraggeber: Dr. Blechschmidt & Reinhold GmbH, Auf der Katzenburg 1, 99759 Großlohra

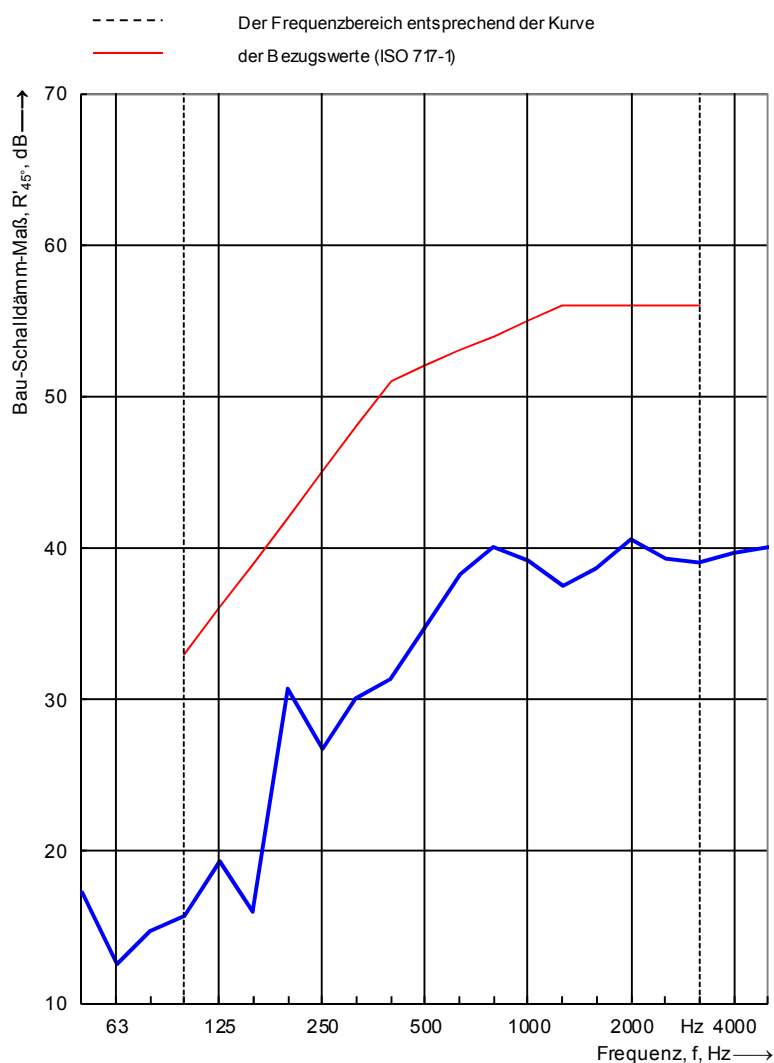
Prüfdatum: 09.11.2011

Aufbau: Zustand 3 (Normalbetrieb Zuluft-Kastenfenster) mit Randbedämpfung (Dicke 15 cm) an beiden Seiten, oben und unten im Kasten sowie am Fenstersturz

Objekt: Prüfobjekt im Empfangsraum (EG) des Einfamilienhauses

Fläche S des Trennbauteils: 1,44 m²Volumen des Senderraumes: m³Volumen des Empfangsraumes: 19,1 m³

Frequenz f [Hz]	R' _{45°} Terz [dB]
50	17,3
63	12,6
80	14,7
100	15,7
125	19,4
160	16,0
200	30,7
250	26,7
315	30,1
400	31,4
500	34,8
630	38,3
800	40,1
1000	39,2
1250	37,5
1600	38,7
2000	40,6
2500	39,3
3150	39,0
4000	39,7
5000	40,1



Bewertung nach ISO 717-1

R'_{45°w}(C;C_{tr}) = 36,7 (-2,6 ; -7,0) dBDie Ermittlung basiert auf Gebäude-Messungen,
die in Terzbändern gewonnen wurden.C₅₀₋₃₁₅₀ = -3,0 dB C₅₀₋₅₀₀₀ = -2,2 dB C₁₀₀₋₅₀₀₀ = -1,9 dBC_{tr,50-3150} = -8,9 dB C_{tr,50-5000} = -8,9 dB C_{tr,100-5000} = -7,0 dB

Bau-Schalldämm-Maß nach ISO140-5

Messung der Luftschalldämmung von Fassadenelementen und Fassaden

Auftraggeber: Dr. Blechschmidt & Reinhold GmbH, Auf der Katzenburg 1, 99759 Großlohra Prüfdatum: 21.11.2011

Aufbau: Zustand 3 (Normalbetrieb Zuluft-Kastenfenster) mit Randbedämpfung (Dicke 15 cm) an beiden Seiten, oben und unten im Kasten sowie zusätzlich Randbedämpfung (Dicke 4,0 cm) an beiden Seiten und unten im Kasten

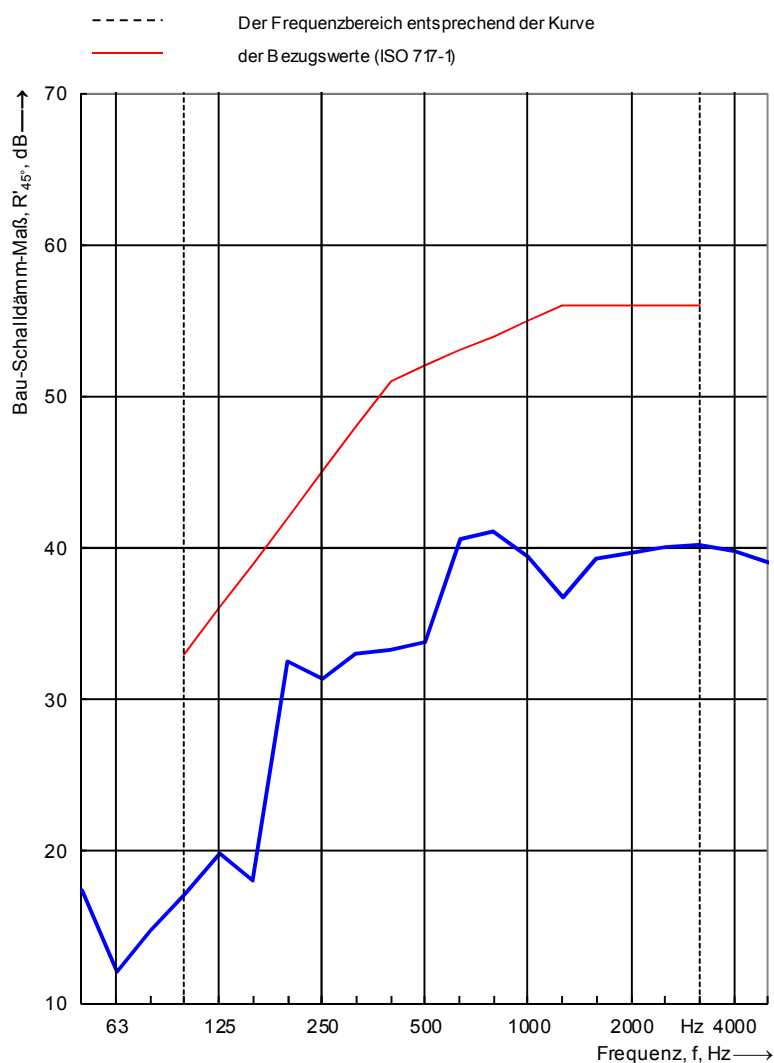
Objekt: Prüfobjekt im Empfangsraum (EG) des Einfamilienhauses

Fläche S des Trennbauteils: 1,44 m²

Volumen des Senderraumes: m³

Volumen des Empfangsraumes: 19,1 m³

Frequenz f [Hz]	R' _{45°} Terz [dB]
50	17,4
63	12,0
80	14,7
100	17,2
125	19,9
160	18,0
200	32,5
250	31,4
315	33,0
400	33,3
500	33,8
630	40,6
800	41,1
1000	39,4
1250	36,7
1600	39,3
2000	39,7
2500	40,1
3150	40,2
4000	39,8
5000	39,0



Bewertung nach ISO 717-1

R'_{45°w}(C;C_{tr}) = 37,7 (-2,3 ; -6,4) dBDie Ermittlung basiert auf Gebäude-Messungen,
die in Terzbändern gewonnen wurden.C₅₀₋₃₁₅₀ = -2,8 dB C₅₀₋₅₀₀₀ = -2,2 dB C₁₀₀₋₅₀₀₀ = -1,8 dBC_{tr,50-3150} = -9,1 dB C_{tr,50-5000} = -9,1 dB C_{tr,100-5000} = -6,4 dB

(Tabelle 6.6, Nr. 1)

Bau-Schalldämm-Maß nach ISO140-5

Messung der Luftschalldämmung von Fassadenelementen und Fassaden

Auftraggeber: Dr. Blechschmidt & Reinhold GmbH, Auf der Katzenburg 1, 99759 Großlohra

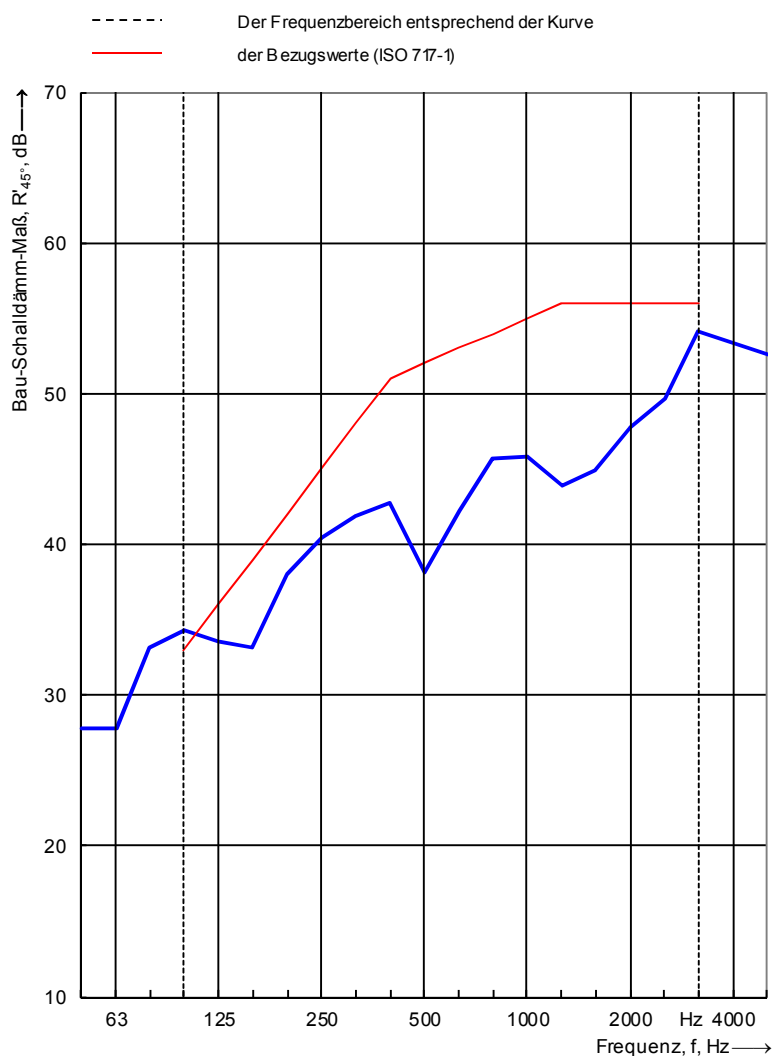
Prüfdatum: 02.11.2011

Aufbau: Zustand 4 (wie übliches Kastenfenster, Lüftungsöffnungen zu) ohne Randbedämpfung

Objekt: Prüfobjekt im Empfangsraum (EG) des Einfamilienhauses

Fläche S des Trennbauteils: 144 m²
 Volumen des Senderraumes: m³
 Volumen des Empfangsraumes: 19,1 m³

Frequenz f [Hz]	R' _{45°} Terz [dB]
50	27,8
63	27,8
80	33,1
100	34,3
125	33,5
160	33,2
200	38,0
250	40,5
315	41,8
400	42,7
500	38,2
630	42,2
800	45,7
1000	45,8
1250	43,9
1600	44,9
2000	47,8
2500	49,7
3150	54,2
4000	53,4
5000	52,6



Bewertung nach ISO 717-1

R'_{45°w}(C;C_{tr}) = 45,7 (-16 ; -3,5) dB

Die Ermittlung basiert auf Gebäude-Messungen,
 die in Terzbändern gewonnen wurden.

C₅₀₋₃₁₅₀ = -1,7 dB C₅₀₋₅₀₀₀ = -0,8 dB C₁₀₀₋₅₀₀₀ = -0,7 dB
 C_{tr,50-3150} = -4,6 dB C_{tr,50-5000} = -4,6 dB C_{tr,100-5000} = -3,5 dB

Bau-Schalldämm-Maß nach ISO140-5

Messung der Luftschalldämmung von Fassadenelementen und Fassaden

Auftraggeber: Dr. Blechschmidt & Reinhold GmbH, Auf der Katzenburg 1, 99759 Großlohra

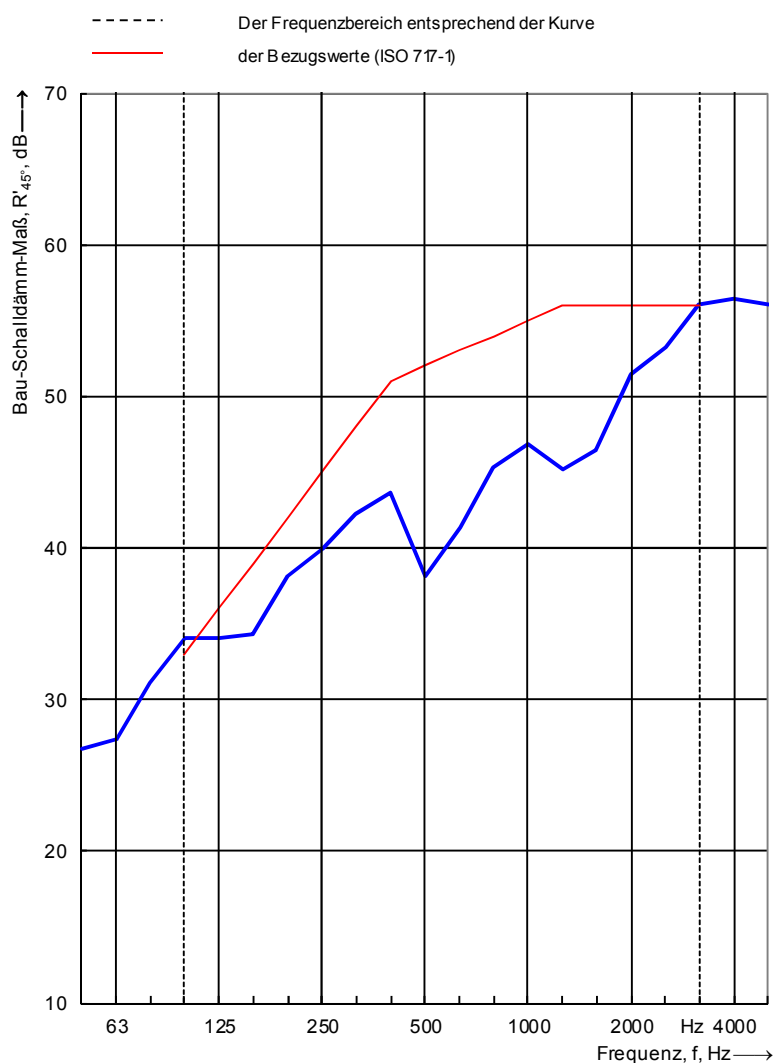
Prüfdatum: 02.11.2011

Aufbau: Zustand 4 (wie übliches Kastenfenster, Lüftungsöffnungen zu) ohne Randbedämpfung, äußeres Lüftungselement abgedichtet

Objekt: Prüfobjekt im Empfangsraum (EG) des Einfamilienhauses

Fläche S des Trennbauteils: 1,44 m²Volumen des Senderraumes: m³Volumen des Empfangsraumes: 19,1 m³

Frequenz f [Hz]	R' _{45°} Terz [dB]
50	26,7
63	27,4
80	31,1
100	34,1
125	34,0
160	34,3
200	38,1
250	39,9
315	42,2
400	43,6
500	38,2
630	41,3
800	45,3
1000	46,8
1250	45,2
1600	46,4
2000	51,4
2500	53,2
3150	56,0
4000	56,5
5000	56,1



Bewertung nach ISO 717-1

R'_{45°w}(C;C_{tr}) = 46,5 (-18 ; -3,9) dBDie Ermittlung basiert auf Gebäude-Messungen,
die in Terzbändern gewonnen wurden.C₅₀₋₃₁₅₀ = -1,9 dB C₅₀₋₅₀₀₀ = -1,0 dB C₁₀₀₋₅₀₀₀ = -0,8 dBC_{tr,50-3150} = -5,4 dB C_{tr,50-5000} = -5,4 dB C_{tr,100-5000} = -3,9 dB

Bau-Schalldämm-Maß nach ISO140-5

Messung der Luftschalldämmung von Fassadenelementen und Fassaden

Auftraggeber: Dr. Blechschmidt & Reinhold GmbH, Auf der Katzenburg 1, 99759 Großlohra

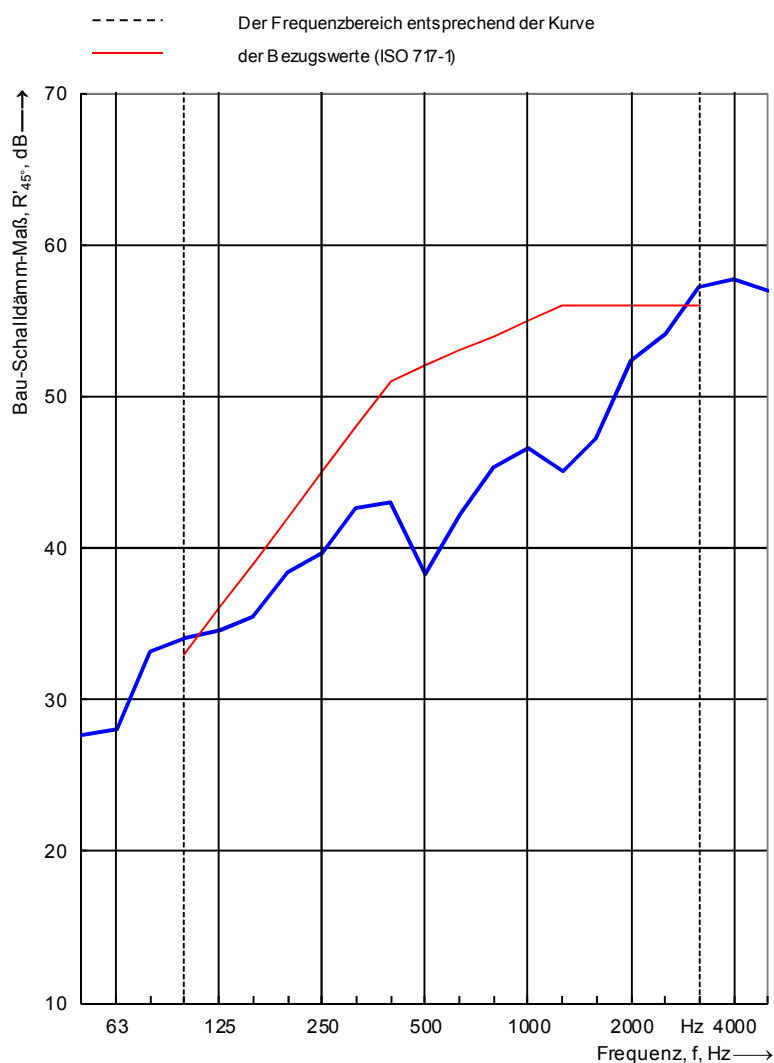
Prüfdatum: 02.11.2011

Aufbau: Zustand 4 (wie übliches Kastenfenster, Lüftungsöffnungen zu) ohne Randbedämpfung, äußeres Lüftungselement abgedichtet, inneres Lüftungselement und unterer Öffnungspalt des Innenfensters abgedichtet

Objekt: Prüfobjekt im Empfangsraum (EG) des Einfamilienhauses

Fläche S des Trennbauteils: 1,44 m²Volumen des Senderraumes: m³Volumen des Empfangsraumes: 19,1 m³

Frequenz f [Hz]	R' _{45°} Terz [dB]
50	27,7
63	28,1
80	33,1
100	34,0
125	34,6
160	35,5
200	38,4
250	39,7
315	42,6
400	43,0
500	38,3
630	42,3
800	45,3
1000	46,6
1250	45,1
1600	47,2
2000	52,4
2500	54,1
3150	57,2
4000	57,7
5000	56,9



Bewertung nach ISO 717-1

R'_{45°w}(C;C_{tr}) = 46,6 (-16 ; -3,7) dB

Die Ermittlung basiert auf Gebäude-Messungen,
die in Terzbändern gewonnen wurden.

C₅₀₋₃₁₅₀ = -17 dB C₅₀₋₅₀₀₀ = -0,7 dB C₁₀₀₋₅₀₀₀ = -0,6 dBC_{tr,50-3150} = -4,9 dB C_{tr,50-5000} = -5,0 dB C_{tr,100-5000} = -3,7 dB

Bau-Schalldämm-Maß nach ISO140-5

Messung der Luftschalldämmung von Fassadenelementen und Fassaden

Auftraggeber: Dr. Blechschmidt & Reinhold GmbH, Auf der Katzenburg 1, 99759 Großlohra

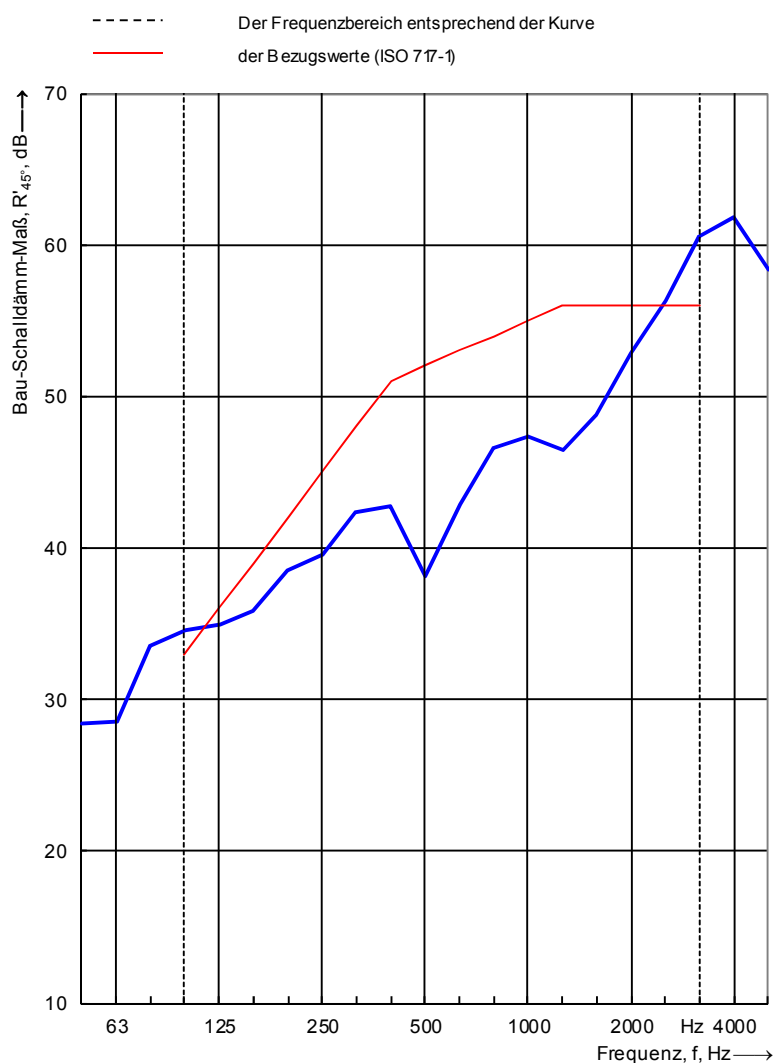
Prüfdatum: 02.11.2011

Aufbau: Zustand 4 (wie übliches Kastenfenster, Lüftungsöffnungen zu) ohne Randbedämpfung, äußere Lüftungselement abgedichtet, inneres Lüftungselement und komplettes Innenfenster abgedichtet

Objekt: Prüfobjekt im Empfangsraum (EG) des Einfamilienhauses

Fläche S des Trennbauteils: 1,44 m²Volumen des Senderraumes: m³Volumen des Empfangsraumes: 19,1 m³

Frequenz f [Hz]	R' _{45°} Terz [dB]
50	28,4
63	28,6
80	33,5
100	34,5
125	35,0
160	35,9
200	38,5
250	39,6
315	42,4
400	42,7
500	38,1
630	42,9
800	46,6
1000	47,3
1250	46,5
1600	48,8
2000	52,9
2500	56,3
3150	60,5
4000	61,8
5000	58,3



Bewertung nach ISO 717-1

R'_{45°;w}(C;C_{tr}) = 47,2 (-17 ; -3,9) dB

Die Ermittlung basiert auf Gebäude-Messungen,
die in Terzbändern gewonnen wurden.

C₅₀₋₃₁₅₀ = -1,8 dB C₅₀₋₅₀₀₀ = -0,8 dB C₁₀₀₋₅₀₀₀ = -0,7 dBC_{tr,50-3150} = -5,1 dB C_{tr,50-5000} = -5,1 dB C_{tr,100-5000} = -3,9 dB

Bau-Schalldämm-Maß nach ISO140-5

Messung der Luftschalldämmung von Fassadenelementen und Fassaden

Auftraggeber: Dr. Blechschmidt & Reinhold GmbH, Auf der Katzenburg 1, 99759 Großlohra

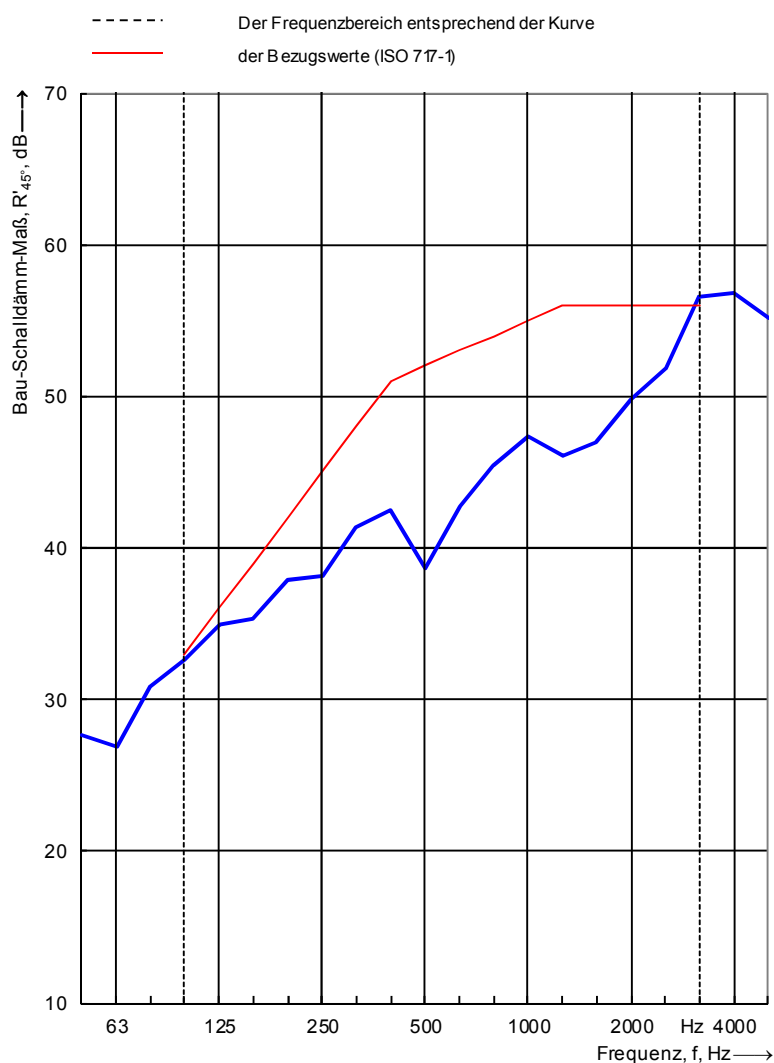
Prüfdatum: 06.11.2011

Aufbau: Zustand 4 (wie übliches Kastenfenster, Lüftungsöffnungen zu) mit Randbedämpfung (Dicke 15 cm) unten im Kasten

Objekt: Prüfobjekt im Empfangsraum (EG) des Einfamilienhauses

Fläche S des Trennbauteils: 1,44 m²Volumen des Senderraumes: m³Volumen des Empfangsraumes: 19,1 m³

Frequenz f [Hz]	R' _{45°} Terz [dB]
50	27,7
63	26,9
80	30,9
100	32,7
125	35,0
160	35,3
200	37,9
250	38,1
315	41,4
400	42,5
500	38,6
630	42,7
800	45,5
1000	47,3
1250	46,1
1600	47,0
2000	49,8
2500	51,8
3150	56,6
4000	56,8
5000	55,1



Bewertung nach ISO 717-1

R'_{45°w}(C;C_{tr}) = 46,5 (-15 ; -3,8) dBDie Ermittlung basiert auf Gebäude-Messungen,
die in Terzbändern gewonnen wurden.C₅₀₋₃₁₅₀ = -17 dB C₅₀₋₅₀₀₀ = -0,8 dB C₁₀₀₋₅₀₀₀ = -0,6 dBC_{tr,50-3150} = -5,3 dB C_{tr,50-5000} = -5,3 dB C_{tr,100-5000} = -3,8 dB

Bau-Schalldämm-Maß nach ISO140-5

Messung der Luftschalldämmung von Fassadenelementen und Fassaden

Auftraggeber: Dr. Blechschmidt & Reinhold GmbH, Auf der Katzenburg 1, 99759 Großlohra

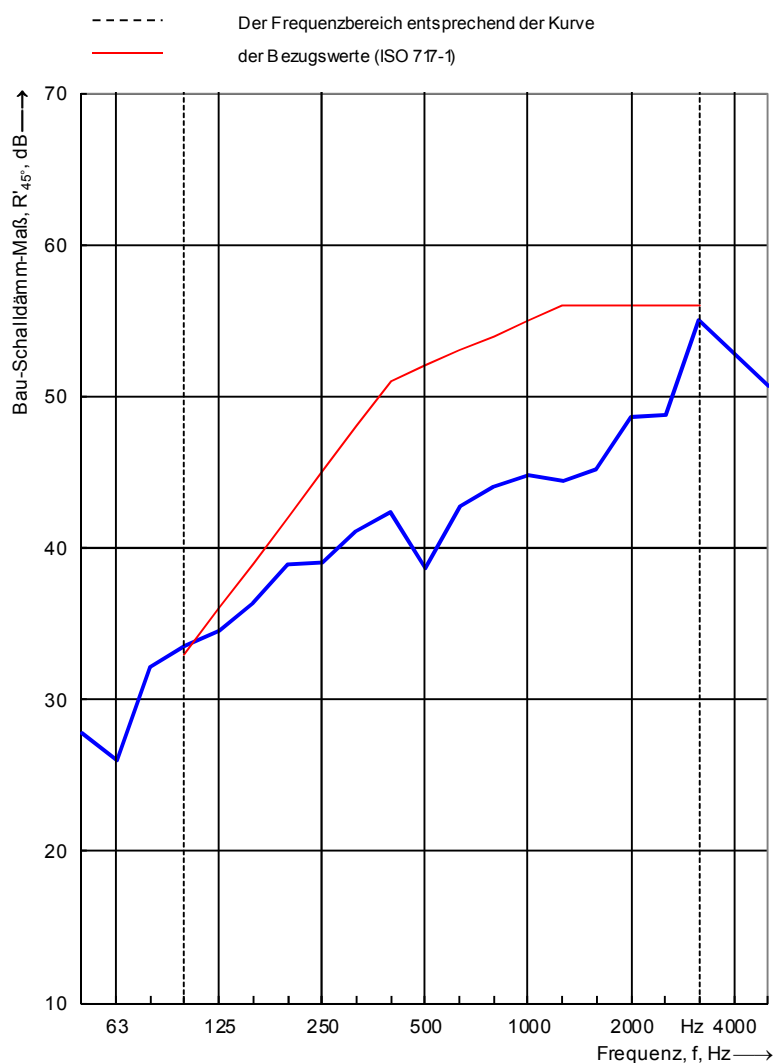
Prüfdatum: 07.11.2011

Aufbau: Zustand 4 (wie übliches Kastenfenster, Lüftungsöffnungen zu) mit Randbedämpfung (Dicke 15 cm) oben im Kasten

Objekt: Prüfobjekt im Empfangsraum (EG) des Einfamilienhauses

Fläche S des Trennbauteils: 1,44 m²Volumen des Senderraumes: m³Volumen des Empfangsraumes: 19,1 m³

Frequenz f [Hz]	R' _{45°} Terz [dB]
50	27,8
63	26,0
80	32,1
100	33,6
125	34,6
160	36,4
200	38,9
250	39,1
315	41,1
400	42,4
500	38,6
630	42,7
800	44,0
1000	44,8
1250	44,4
1600	45,2
2000	48,6
2500	48,7
3150	55,0
4000	52,9
5000	50,7



Bewertung nach ISO 717-1

R'_{45°,w}(C;C_{tr}) = 45,5 (-12 ; -3,1) dBDie Ermittlung basiert auf Gebäude-Messungen,
die in Terzbändern gewonnen wurden.C₅₀₋₃₁₅₀ = -14 dB C₅₀₋₅₀₀₀ = -0,6 dB C₁₀₀₋₅₀₀₀ = -0,4 dBC_{tr,50-3150} = -4,5 dB C_{tr,50-5000} = -4,5 dB C_{tr,100-5000} = -3,1 dB

Bau-Schalldämm-Maß nach ISO140-5

Messung der Luftschalldämmung von Fassadenelementen und Fassaden

Auftraggeber: Dr. Blechschmidt & Reinhold GmbH, Auf der Katzenburg 1, 99759 Großlohra

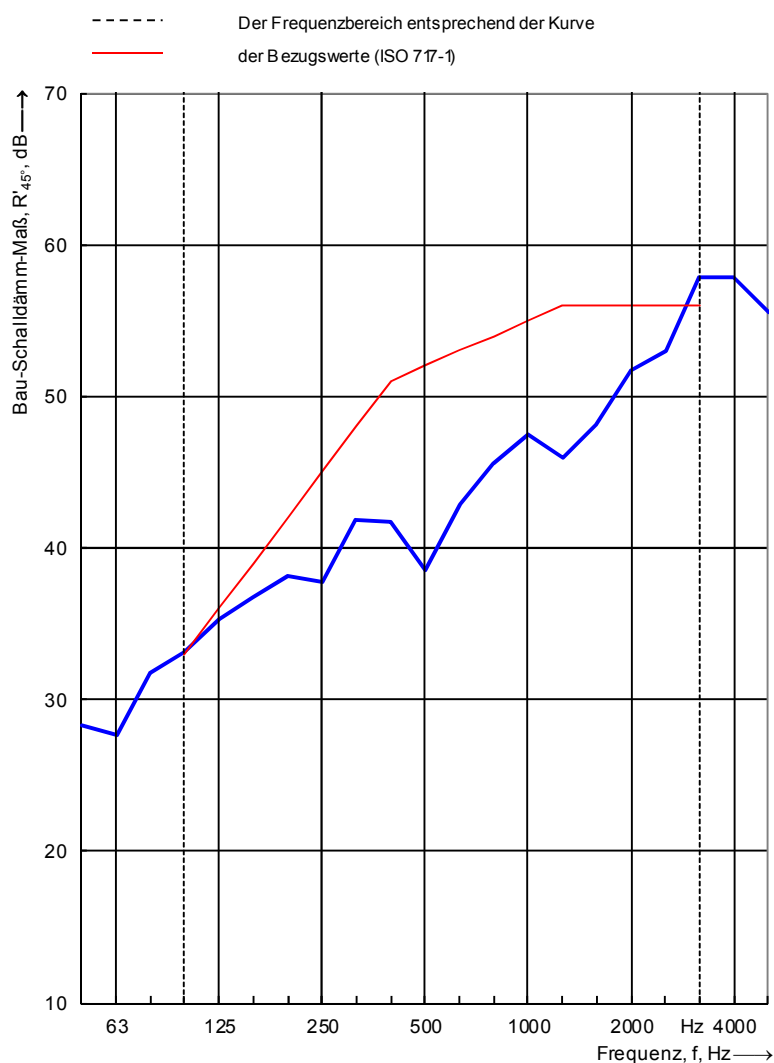
Prüfdatum: 08.11.2011

Aufbau: Zustand 4 (wie übliches Kastenfenster, Lüftungsöffnungen zu) mit Randbedämpfung (Dicke 15 cm) an beiden Seiten im Kasten

Objekt: Prüfobjekt im Empfangsraum (EG) des Einfamilienhauses

Fläche S des Trennbauteils: 1,44 m²Volumen des Senderraumes: m³Volumen des Empfangsraumes: 19,1 m³

Frequenz f [Hz]	R' _{45°} Terz [dB]
50	28,3
63	27,6
80	31,8
100	33,2
125	35,3
160	36,8
200	38,1
250	37,8
315	41,8
400	41,7
500	38,5
630	42,9
800	45,6
1000	47,5
1250	46,0
1600	48,1
2000	51,7
2500	53,0
3150	57,9
4000	57,8
5000	55,5



Bewertung nach ISO 717-1

R'_{45°w}(C;C_{tr}) = 46,6 (-14 ; -3,7) dBDie Ermittlung basiert auf Gebäude-Messungen,
die in Terzbändern gewonnen wurden.C₅₀₋₃₁₅₀ = -1,5 dB C₅₀₋₅₀₀₀ = -0,6 dB C₁₀₀₋₅₀₀₀ = -0,5 dBC_{tr,50-3150} = -5,0 dB C_{tr,50-5000} = -5,0 dB C_{tr,100-5000} = -3,7 dB

Bau-Schalldämm-Maß nach ISO140-5

Messung der Luftschalldämmung von Fassadenelementen und Fassaden

Auftraggeber: Dr. Blechschmidt & Reinhold GmbH, Auf der Katzenburg 1, 99759 Großlohra

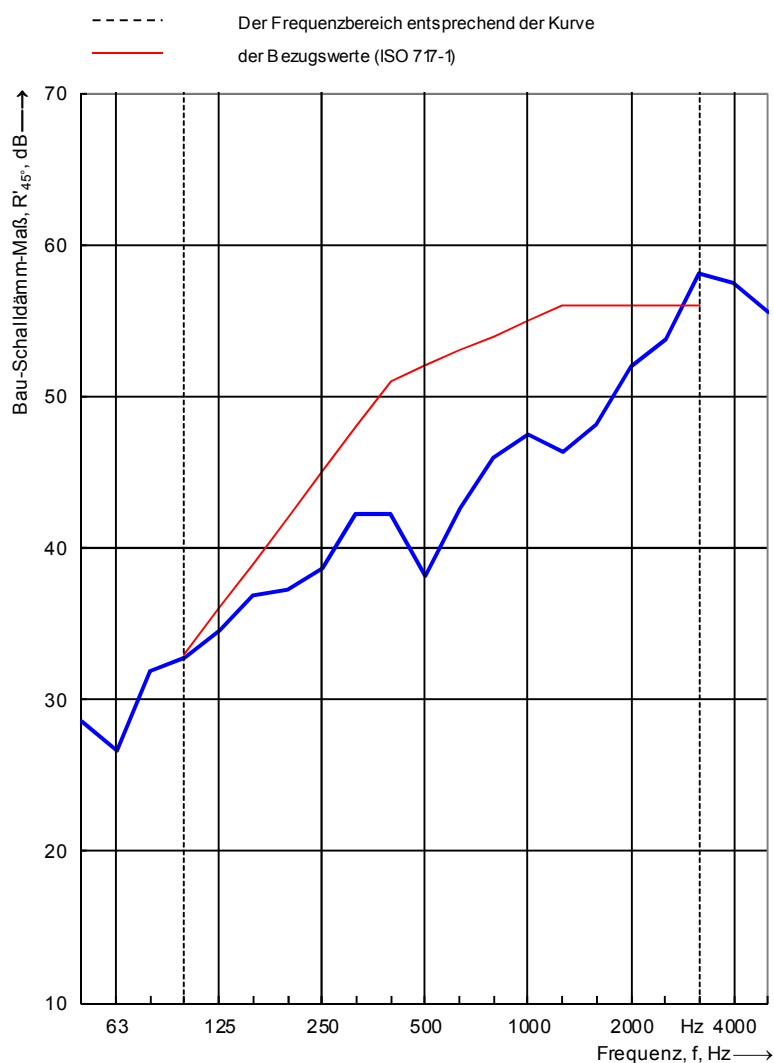
Prüfdatum: 09.11.2011

Aufbau: Zustand 4 (wie übliches Kastenfenster, Lüftungsöffnungen zu) mit Randbedämpfung (Dicke 15 cm) an beiden Seiten und oben im Kasten

Objekt: Prüfobjekt im Empfangsraum (EG) des Einfamilienhauses

Fläche S des Trennbauteils: 1,44 m²Volumen des Senderraumes: m³Volumen des Empfangsraumes: 19,1 m³

Frequenz f [Hz]	R' _{45°} Terz [dB]
50	28,5
63	26,6
80	31,9
100	32,8
125	34,5
160	36,9
200	37,3
250	38,6
315	42,3
400	42,3
500	38,2
630	42,6
800	46,0
1000	47,5
1250	46,3
1600	48,1
2000	51,9
2500	53,7
3150	58,1
4000	57,5
5000	55,5



Bewertung nach ISO 717-1

R'_{45°w}(C;C_{tr}) = 46,8 (-16 ; -3,9) dB

Die Ermittlung basiert auf Gebäude-Messungen,
die in Terzbändern gewonnen wurden.

C₅₀₋₃₁₅₀ = -17 dB C₅₀₋₅₀₀₀ = -0,8 dB C₁₀₀₋₅₀₀₀ = -0,7 dBC_{tr,50-3150} = -5,4 dB C_{tr,50-5000} = -5,4 dB C_{tr,100-5000} = -3,9 dB

Bau-Schalldämm-Maß nach ISO140-5

Messung der Luftschalldämmung von Fassadenelementen und Fassaden

Auftraggeber: Dr. Blechschmidt & Reinhold GmbH, Auf der Katzenburg 1, 99759 Großlohra

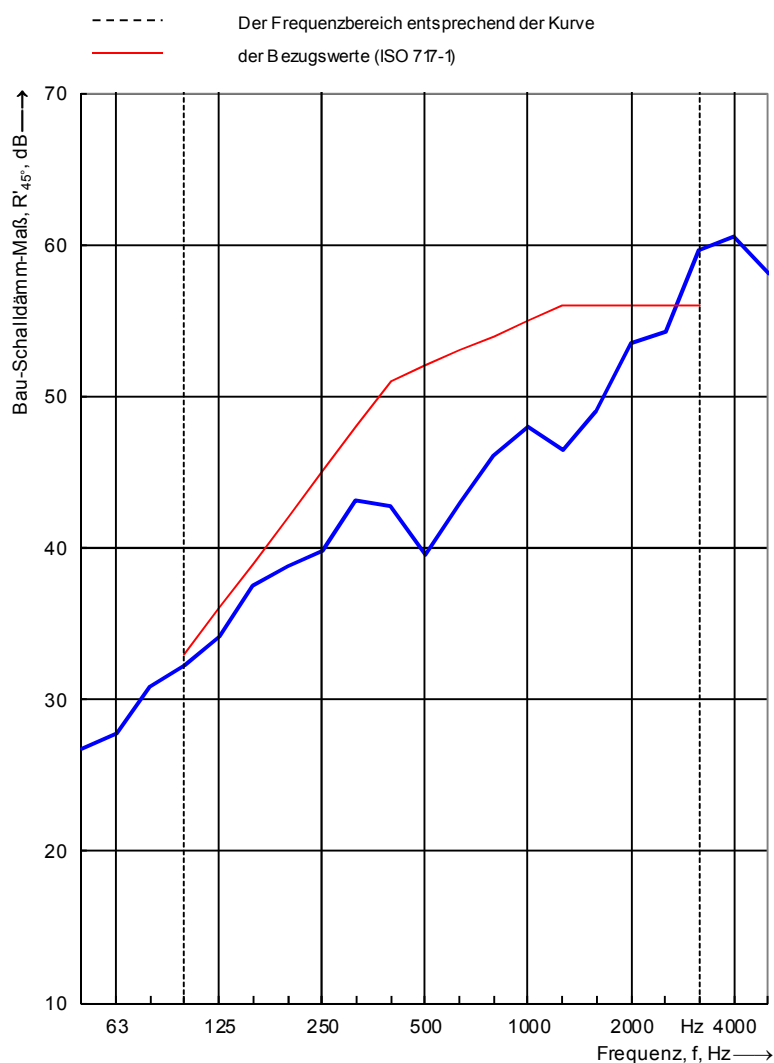
Prüfdatum: 09.11.2011

Aufbau: Zustand 4 (wie übliches Kastenfenster, Lüftungsöffnungen zu) mit Randbedämpfung (Dicke 15 cm) an beiden Seiten, oben und unten im Kasten

Objekt: Prüfobjekt im Empfangsraum (EG) des Einfamilienhauses

Fläche S des Trennbauteils: 144 m²Volumen des Senderraumes: m³Volumen des Empfangsraumes: 19,1 m³

Frequenz f [Hz]	R' _{45°} Terz [dB]
50	26,7
63	27,8
80	30,9
100	32,3
125	34,2
160	37,5
200	38,8
250	39,8
315	43,1
400	42,7
500	39,6
630	43,0
800	46,1
1000	48,0
1250	46,4
1600	49,0
2000	53,5
2500	54,3
3150	59,7
4000	60,5
5000	58,1



Bewertung nach ISO 717-1

R'_{45°w}(C;C_{tr}) = 47,5 (-16 ; -4,0) dB

Die Ermittlung basiert auf Gebäude-Messungen,
die in Terzbändern gewonnen wurden.

C₅₀₋₃₁₅₀ = -17 dB C₅₀₋₅₀₀₀ = -0,8 dB C₁₀₀₋₅₀₀₀ = -0,6 dBC_{tr,50-3150} = -5,7 dB C_{tr,50-5000} = -5,7 dB C_{tr,100-5000} = -4,0 dB

Bau-Schalldämm-Maß nach ISO140-5

Messung der Luftschalldämmung von Fassadenelementen und Fassaden

Auftraggeber: Dr. Blechschmidt & Reinhold GmbH, Auf der Katzenburg 1, 99759 Großlohra

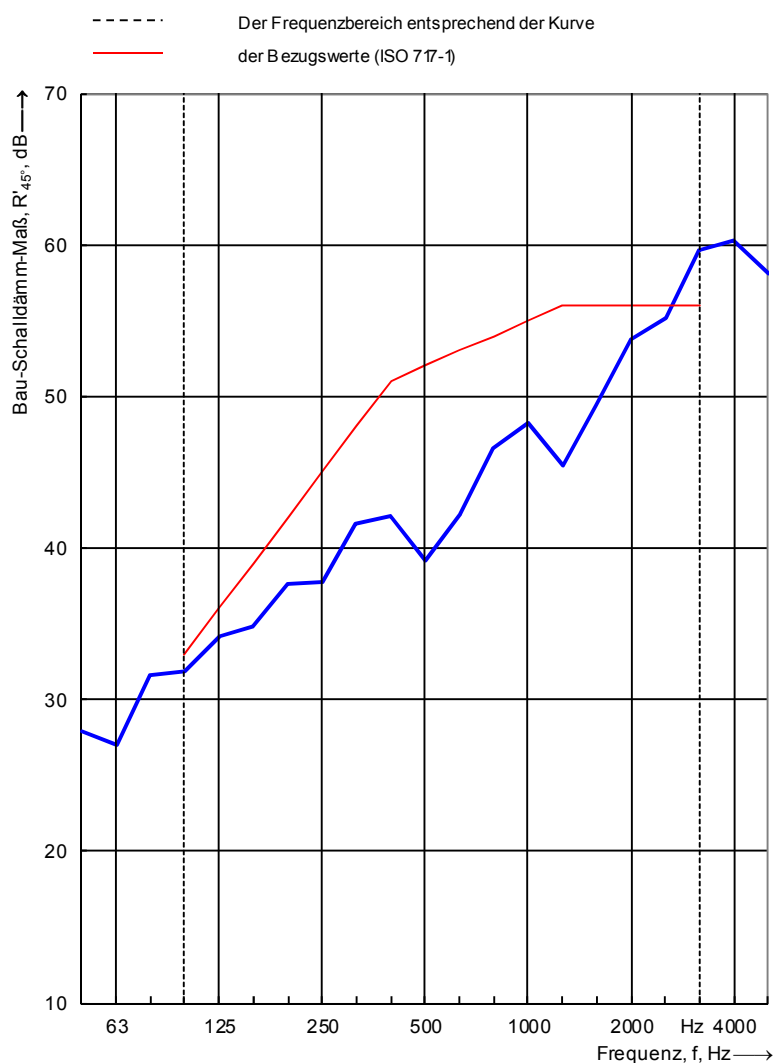
Prüfdatum: 09.11.2011

Aufbau: Zustand 4 (wie übliches Kastenfenster, Lüftungsöffnungen zu) mit Randbedämpfung (Dicke 15 cm) an beiden Seiten, oben und unten im Kasten sowie am Fenstersturz

Objekt: Prüfobjekt im Empfangsraum (EG) des Einfamilienhauses

Fläche S des Trennbauteils: 1,44 m²Volumen des Senderraumes: m³Volumen des Empfangsraumes: 19,1 m³

Frequenz f [Hz]	R' _{45°} Terz [dB]
50	27,9
63	27,0
80	31,6
100	31,9
125	34,2
160	34,8
200	37,6
250	37,7
315	41,6
400	42,1
500	39,2
630	42,3
800	46,6
1000	48,3
1250	45,5
1600	49,4
2000	53,8
2500	55,1
3150	59,6
4000	60,3
5000	58,1



Bewertung nach ISO 717-1

R'_{45°w}(C;C_{tr}) = 46,9 (-16 ; -4,2) dBDie Ermittlung basiert auf Gebäude-Messungen,
die in Terzbändern gewonnen wurden.C₅₀₋₃₁₅₀ = -17 dB C₅₀₋₅₀₀₀ = -0,8 dB C₁₀₀₋₅₀₀₀ = -0,6 dBC_{tr,50-3150} = -5,6 dB C_{tr,50-5000} = -5,6 dB C_{tr,100-5000} = -4,2 dB

Bau-Schalldämm-Maß nach ISO140-5

Messung der Luftschalldämmung von Fassadenelementen und Fassaden

Auftraggeber: Dr. Blechschmidt & Reinhold GmbH, Auf der Katzenburg 1, 99759 Großlohra

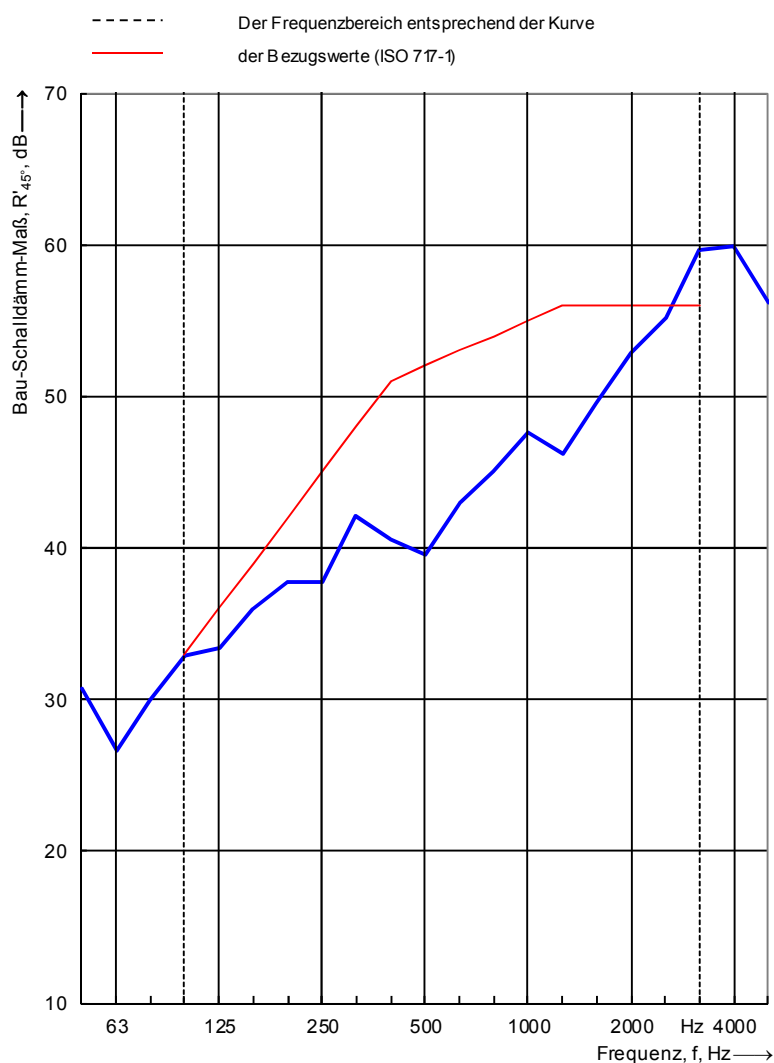
Prüfdatum: 21.11.2011

Aufbau: Zustand 4 (wie übliches Kastenfenster, Lüftungsöffnungen zu) mit Randbedämpfung (Dicke 15 cm) an beiden Seiten, oben und unten im Kasten sowie zusätzlich mit Randbedämpfung (Dicke 4,0 cm) an beiden Seiten und unten im Kasten

Objekt: Prüfobjekt im Empfangsraum (EG) des Einfamilienhauses

Fläche S des Trennbauteils: 1,44 m²Volumen des Senderraumes: m³Volumen des Empfangsraumes: 19,1 m³

Frequenz f [Hz]	R' _{45°} Terz [dB]
50	30,7
63	26,6
80	30,0
100	32,9
125	33,4
160	36,0
200	37,8
250	37,8
315	42,1
400	40,6
500	39,5
630	43,0
800	45,1
1000	47,6
1250	46,2
1600	49,5
2000	52,8
2500	55,2
3150	59,7
4000	59,9
5000	56,2



Bewertung nach ISO 717-1

R'_{45°,w}(C;C_{tr}) = 46,8 (-14 ; -4,0) dBDie Ermittlung basiert auf Gebäude-Messungen,
die in Terzbändern gewonnen wurden.C₅₀₋₃₁₅₀ = -16 dB C₅₀₋₅₀₀₀ = -0,7 dB C₁₀₀₋₅₀₀₀ = -0,5 dBC_{tr,50-3150} = -5,5 dB C_{tr,50-5000} = -5,5 dB C_{tr,100-5000} = -4,0 dB

Bau-Schalldämm-Maß nach ISO140-5

Messung der Luftschalldämmung von Fassadenelementen und Fassaden

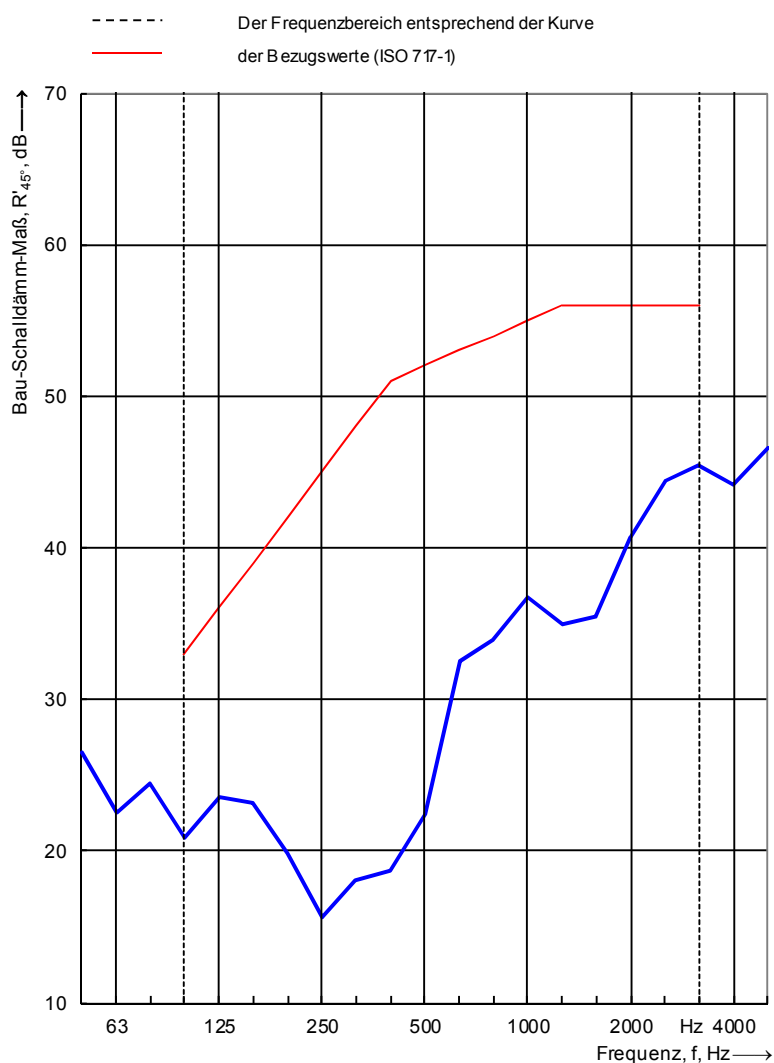
Auftraggeber: Dr. Blechschmidt & Reinhold GmbH, Auf der Katzenburg 1, 99759 Großlohra Prüfdatum: 02.12.2011

Aufbau: Zustand 1 (Außenfenster allein, Lüftung auf) mit Absorptionsschalldämpfer am äußeren Lüftungselement und mit Randbedämpfung (Dicke 15 cm) unten im Kasten

Objekt: Prüfobjekt im Empfangsraum (EG) des Einfamilienhauses

Fläche S des Trennbauteils: 144 m²
 Volumen des Senderraumes: m³
 Volumen des Empfangsraumes: 19,1 m³

Frequenz f [Hz]	R' _{45°} Terz [dB]
50	26,5
63	22,5
80	24,5
100	20,9
125	23,5
160	23,2
200	19,9
250	15,6
315	18,0
400	18,7
500	22,4
630	32,5
800	33,9
1000	36,7
1250	35,0
1600	35,4
2000	40,7
2500	44,4
3150	45,4
4000	44,1
5000	46,6



Bewertung nach ISO 717-1

 $R'_{45^\circ, w}(C; C_{tr}) = 29,6$ (-19 ; -4,7) dBDie Ermittlung basiert auf Gebäude-Messungen,
die in Terzbändern gewonnen wurden. $C_{50-3150} = -1,9$ dB $C_{50-5000} = -0,9$ dB $C_{100-5000} = -0,9$ dB $C_{tr, 50-3150} = -4,7$ dB $C_{tr, 50-5000} = -4,7$ dB $C_{tr, 100-5000} = -4,7$ dB

(Tabelle 6.7, Nr. 2)

Bau-Schalldämm-Maß nach ISO140-5

Messung der Luftschalldämmung von Fassadenelementen und Fassaden

Auftraggeber: Dr. Blechschmidt & Reinhold GmbH, Auf der Katzenburg 1, 99759 Großlohra Prüfdatum: 02.12.2011

Aufbau: Zustand 3 (Normalbetrieb Zuluft-Kastenfenster) mit Absorptionsschalldämpfer am äußeren Lüftungselement und mit Randbedämpfung (Dicke 15 cm) unten im Kasten

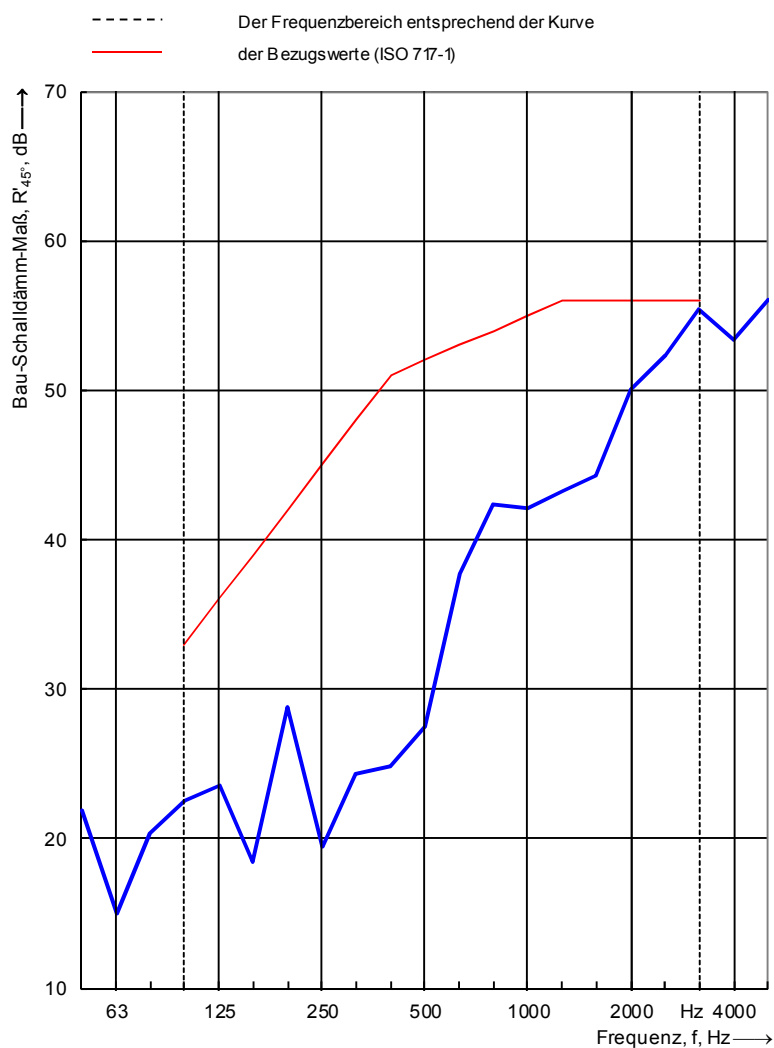
Objekt: Prüfobjekt im Empfangsraum (EG) des Einfamilienhauses

Fläche S des Trennbauteils: 144 m²

Volumen des Senderraumes: m³

Volumen des Empfangsraumes: 19,1 m³

Frequenz f [Hz]	R' _{45°} Terz [dB]
50	21,9
63	15,0
80	20,3
100	22,6
125	23,6
160	18,5
200	28,8
250	19,5
315	24,3
400	24,9
500	27,5
630	37,7
800	42,4
1000	42,1
1250	43,2
1600	44,3
2000	50,0
2500	52,3
3150	55,4
4000	53,4
5000	56,0



Bewertung nach ISO 717-1

R'_{45°w}(C;C_{tr}) = 34,3 (-16 ; -5,0) dBDie Ermittlung basiert auf Gebäude-Messungen,
die in Terzbändern gewonnen wurden.C₅₀₋₃₁₅₀ = -1,7 dB C₅₀₋₅₀₀₀ = -0,7 dB C₁₀₀₋₅₀₀₀ = -0,6 dBC_{tr,50-3150} = -5,8 dB C_{tr,50-5000} = -5,8 dB C_{tr,100-5000} = -5,0 dB

Bau-Schalldämm-Maß nach ISO140-5

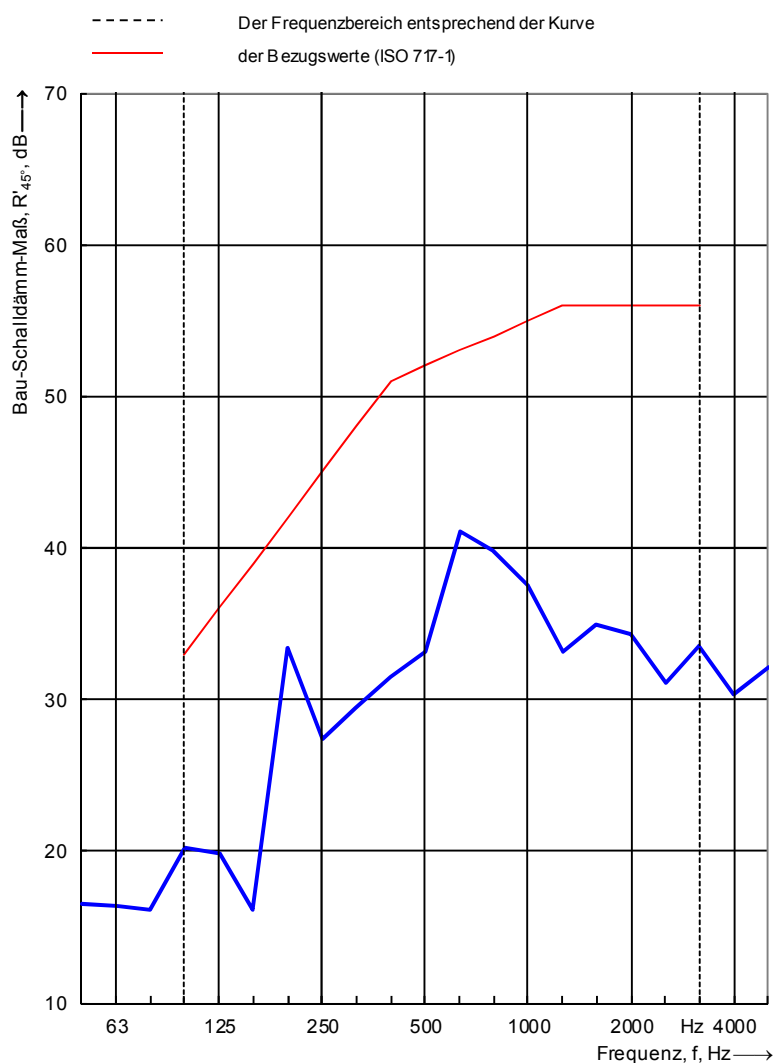
Messung der Luftschalldämmung von Fassadenelementen und Fassaden

Auftraggeber: Dr. Blechschmidt & Reinhold GmbH, Auf der Katzenburg 1, 99759 Großlohra Prüfdatum: 02.12.2011
 Aufbau: Zustand 3 (Normalbetrieb Zuluft-Kastenfenster) mit Absorptionsschalldämpfer am inneren Lüftungselement

Objekt: Prüfobjekt im Empfangsraum (EG) des Einfamilienhauses

Fläche S des Trennbauteils: 1,44 m²
 Volumen des Senderraumes: m³
 Volumen des Empfangsraumes: 19,1 m³

Frequenz f [Hz]	R' _{45°} Terz [dB]
50	16,5
63	16,4
80	16,2
100	20,2
125	19,9
160	16,2
200	33,4
250	27,4
315	29,4
400	31,5
500	33,1
630	41,1
800	39,8
1000	37,5
1250	33,1
1600	34,9
2000	34,3
2500	31,1
3150	33,5
4000	30,4
5000	32,1



Bewertung nach ISO 717-1

R'_{45°w}(C;C_{tr}) = 34,1 (-18 ; -4,0) dB

Die Ermittlung basiert auf Gebäude-Messungen,
 die in Terzbändern gewonnen wurden.

C₅₀₋₃₁₅₀ = -19 dB C₅₀₋₅₀₀₀ = -2,1 dB C₁₀₀₋₅₀₀₀ = -2,0 dBC_{tr,50-3150} = -5,4 dB C_{tr,50-5000} = -5,5 dB C_{tr,100-5000} = -4,2 dB

Bau-Schalldämm-Maß nach ISO140-5

Messung der Luftschalldämmung von Fassadenelementen und Fassaden

Auftraggeber: Dr. Blechschmidt & Reinhold GmbH, Auf der Katzenburg 1, 99759 Großlohra

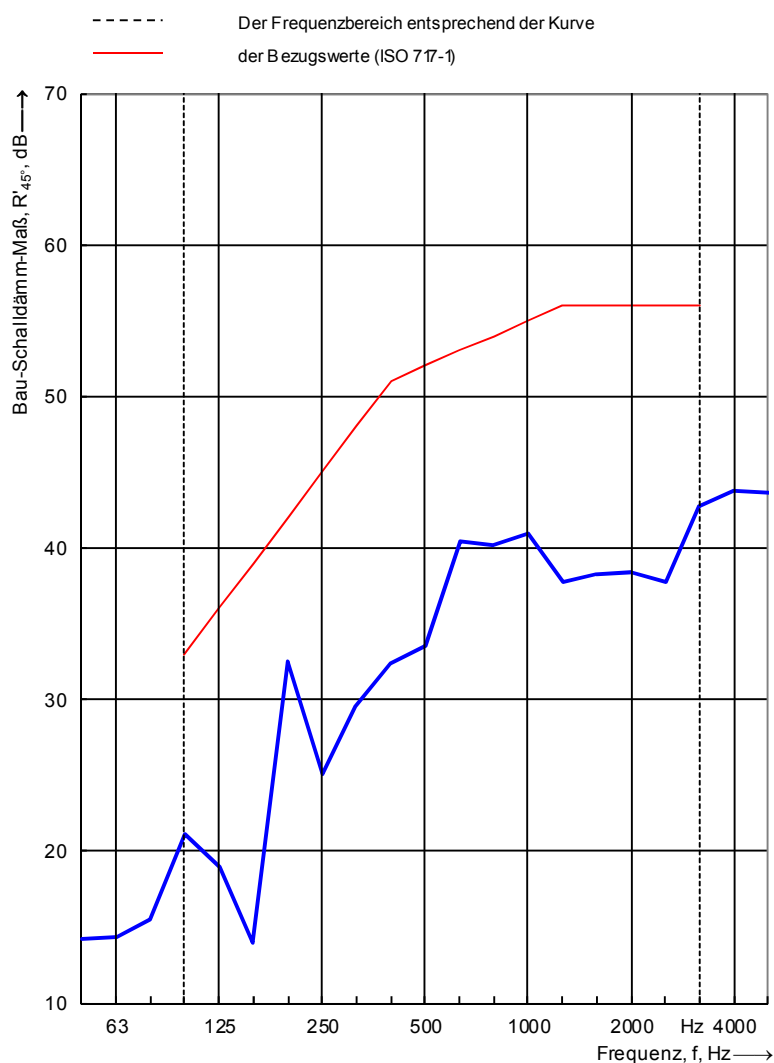
Prüfdatum: 03.12.2011

Aufbau: Zustand 3 (Normalbetrieb Zuluft-Kastenfenster) mit Absorptionsschalldämpfer am inneren Lüftungselement und komplettes Innenfenster abgedichtet (Abluftanlage)

Objekt: Prüfobjekt im Empfangsraum (EG) des Einfamilienhauses

Fläche S des Trennbauteils: 1,44 m²Volumen des Senderraumes: m³Volumen des Empfangsraumes: 19,1 m³

Frequenz f [Hz]	R' _{45°} Terz [dB]
50	14,2
63	14,3
80	15,5
100	21,1
125	19,0
160	14,0
200	32,5
250	25,1
315	29,6
400	32,4
500	33,6
630	40,5
800	40,2
1000	41,0
1250	37,7
1600	38,3
2000	38,4
2500	37,7
3150	42,8
4000	43,8
5000	43,6



Bewertung nach ISO 717-1

R'_{45°,w}(C;C_{tr}) = 36,2 (-2,8 ; -6,8) dBDie Ermittlung basiert auf Gebäude-Messungen,
die in Terzbändern gewonnen wurden.C₅₀₋₃₁₅₀ = -3,0 dB C₅₀₋₅₀₀₀ = -2,1 dB C₁₀₀₋₅₀₀₀ = -1,9 dBC_{tr,50-3150} = -8,4 dB C_{tr,50-5000} = -8,4 dB C_{tr,100-5000} = -6,8 dB

Bau-Schalldämm-Maß nach ISO140-5

Messung der Luftschalldämmung von Fassadenelementen und Fassaden

Auftraggeber: Dr. Blechschmidt & Reinhold GmbH, Auf der Katzenburg 1, 99759 Großlohra

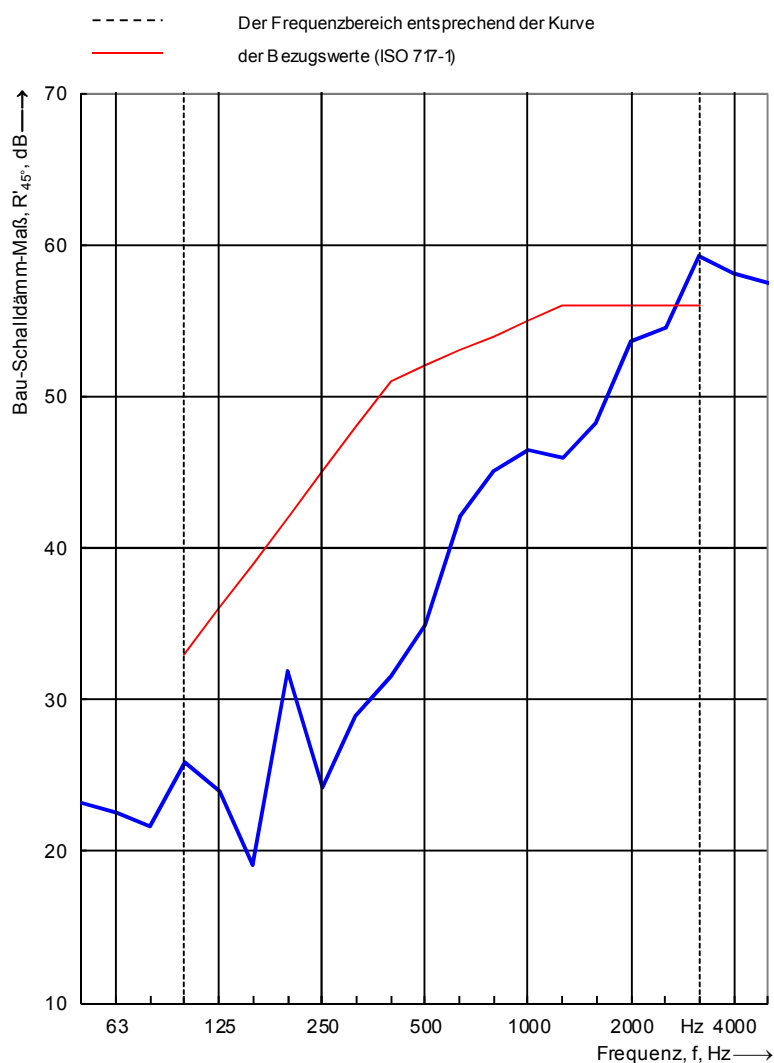
Prüfdatum: 02.12.2011

Aufbau: Zustand 3 (Normalbetrieb Zuluft-Kastenfenster) mit Absorptionsschalldämpfer am äußeren und inneren Lüftungselement und mit Randbedämpfung (Dicke 15 cm) unten im Kasten

Objekt: Prüfobjekt im Empfangsraum (EG) des Einfamilienhauses

Fläche S des Trennbauteils: 1,44 m²Volumen des Senderraumes: m³Volumen des Empfangsraumes: 19,1 m³

Frequenz f [Hz]	R' _{45°} Terz [dB]
50	23,2
63	22,6
80	21,6
100	25,8
125	23,9
160	19,1
200	31,9
250	24,2
315	28,9
400	31,5
500	34,9
630	42,1
800	45,0
1000	46,5
1250	45,9
1600	48,2
2000	53,6
2500	54,5
3150	59,2
4000	58,1
5000	57,4



Bewertung nach ISO 717-1

R'_{45°,w}(C;C_{tr}) = 39,1 (-2,3 ; -6,3) dBDie Ermittlung basiert auf Gebäude-Messungen,
die in Terzbändern gewonnen wurden.C₅₀₋₃₁₅₀ = -2,4 dB C₅₀₋₅₀₀₀ = -14 dB C₁₀₀₋₅₀₀₀ = -13 dBC_{tr,50-3150} = -7,0 dB C_{tr,50-5000} = -7,0 dB C_{tr,100-5000} = -6,3 dB

Bau-Schalldämm-Maß nach ISO140-5

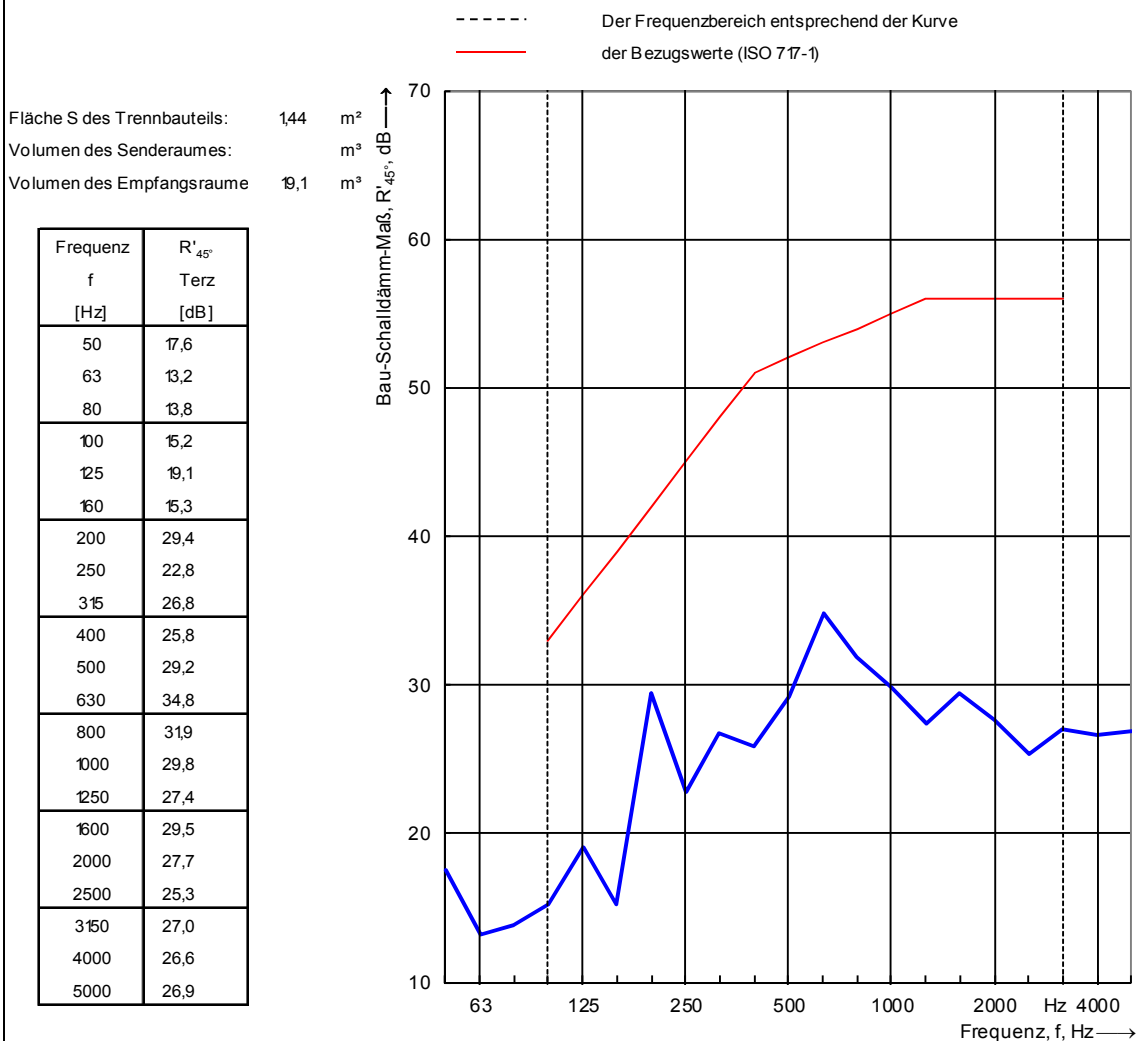
Messung der Luftschalldämmung von Fassadenelementen und Fassaden

Auftraggeber: Dr. Blechschmidt & Reinhold GmbH, Auf der Katzenburg 1, 99759 Großlohra

Prüfdatum: 21.11.2011

Aufbau: Zustand 3 (Normalbetrieb Zuluft-Kastenfenster) ohne Randbedämpfung und mit Jalousie-Lamellenneigungswinkel von 30°

Objekt: Prüfobjekt im Empfangsraum (EG) des Einfamilienhauses



Bewertung nach ISO 717-1

 $R'_{45,w}(C;C_{tr}) = 28,8$ (-15 ; -2,5) dBDie Ermittlung basiert auf Gebäude-Messungen,
die in Terzbändern gewonnen wurden. $C_{50-3150} = -1,6$ dB $C_{50-5000} = -1,7$ dB $C_{100-5000} = -1,6$ dB $C_{tr,50-3150} = -3,5$ dB $C_{tr,50-5000} = -3,6$ dB $C_{tr,100-5000} = -2,6$ dB

Bau-Schalldämm-Maß nach ISO140-5

Messung der Luftschalldämmung von Fassadenelementen und Fassaden

Auftraggeber: Dr. Blechschmidt & Reinhold GmbH, Auf der Katzenburg 1, 99759 Großlohra

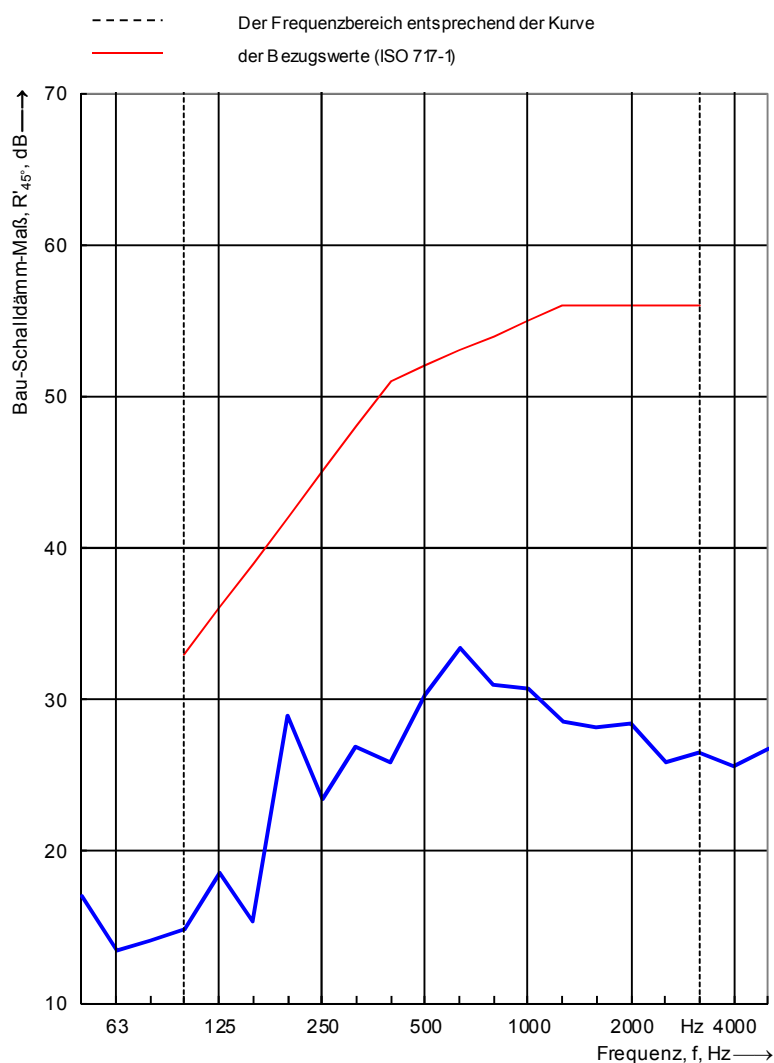
Prüfdatum: 21.11.2011

Aufbau: Zustand 3 (Normalbetrieb Zuluft-Kastenfenster) ohne Randbedämpfung und mit Jalousie-Lamellenneigungswinkel von 120°

Objekt: Prüfobjekt im Empfangsraum (EG) des Einfamilienhauses

Fläche S des Trennbauteils: 1,44 m²Volumen des Senderraumes: m³Volumen des Empfangsraumes: 19,1 m³

Frequenz f [Hz]	R' _{45°} Terz [dB]
50	17,1
63	13,4
80	14,1
100	14,9
125	18,6
160	15,4
200	28,9
250	23,4
315	26,9
400	25,9
500	30,3
630	33,4
800	31,0
1000	30,7
1250	28,5
1600	28,2
2000	28,4
2500	25,9
3150	26,5
4000	25,6
5000	26,7



Bewertung nach ISO 717-1

 $R'_{45^\circ, w}(C; C_{tr}) = 29,0$ (-15 ; -2,6) dBDie Ermittlung basiert auf Gebäude-Messungen,
die in Terzbändern gewonnen wurden. $C_{50-3150} = -16$ dB $C_{50-5000} = -19$ dB $C_{100-5000} = -18$ dB $C_{tr, 50-3150} = -3,6$ dB $C_{tr, 50-5000} = -3,7$ dB $C_{tr, 100-5000} = -2,8$ dB

Bau-Schalldämm-Maß nach ISO140-5

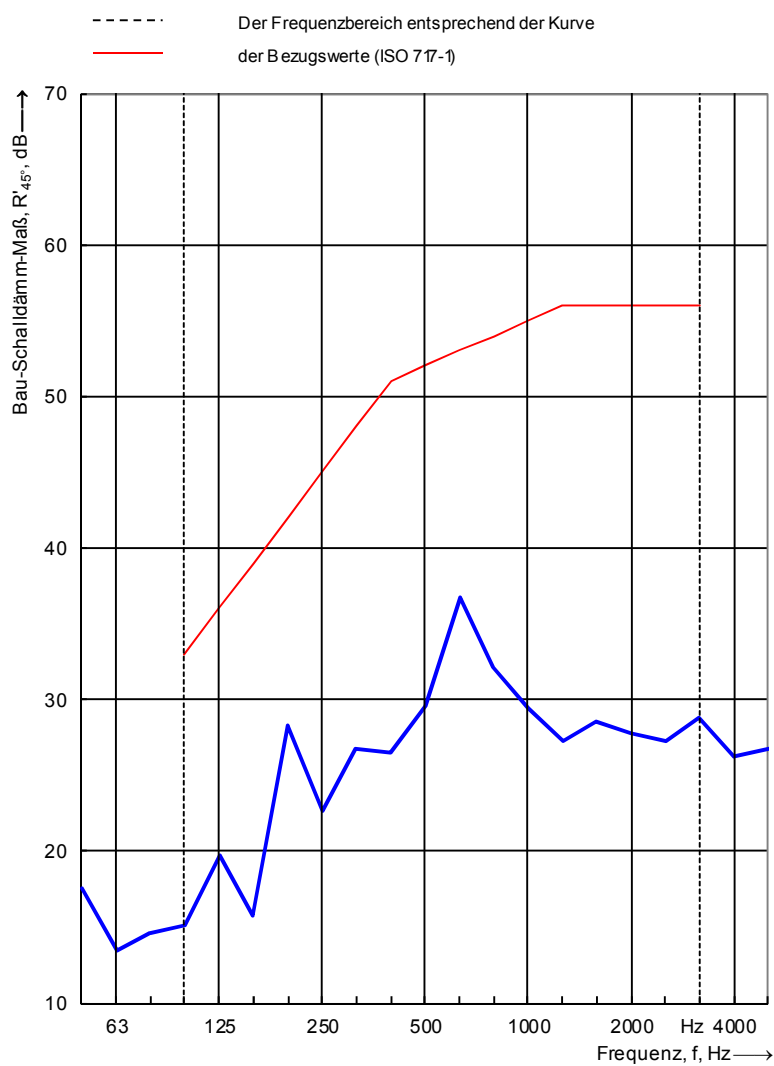
Messung der Luftschalldämmung von Fassadenelementen und Fassaden

Auftraggeber: Dr. Blechschmidt & Reinhold GmbH, Auf der Katzenburg 1, 99759 Großlohra Prüfdatum: 23.11.2011
 Aufbau: Zustand 3 (Normalbetrieb Zuluft-Kastenfenster) ohne Randbedämpfung, Schalterstellung 1 (Abluftanlage)

Objekt: Prüfobjekt im Empfangsraum (EG) des Einfamilienhauses

Fläche S des Trennbauteils: 1,44 m²
 Volumen des Senderraumes: m³
 Volumen des Empfangsraumes: 19,1 m³

Frequenz f [Hz]	R' _{45°} Terz [dB]
50	17,5
63	13,4
80	14,6
100	15,1
125	19,7
160	15,8
200	28,3
250	22,7
315	26,8
400	26,5
500	29,6
630	36,7
800	32,1
1000	29,5
1250	27,3
1600	28,6
2000	27,8
2500	27,3
3150	28,8
4000	26,3
5000	26,7



Bewertung nach ISO 717-1

R'_{45°w}(C;C_{tr}) = 29,3 (-14 ; -2,8) dB

Die Ermittlung basiert auf Gebäude-Messungen,
 die in Terzbändern gewonnen wurden.

C₅₀₋₃₁₅₀ = -15 dB C₅₀₋₅₀₀₀ = -18 dB C₁₀₀₋₅₀₀₀ = -17 dBC_{tr,50-3150} = -3,7 dB C_{tr,50-5000} = -3,9 dB C_{tr,100-5000} = -2,9 dB

(Tabelle 6.9, Nr. 2)

Bau-Schalldämm-Maß nach ISO140-5

Messung der Luftschalldämmung von Fassadenelementen und Fassaden

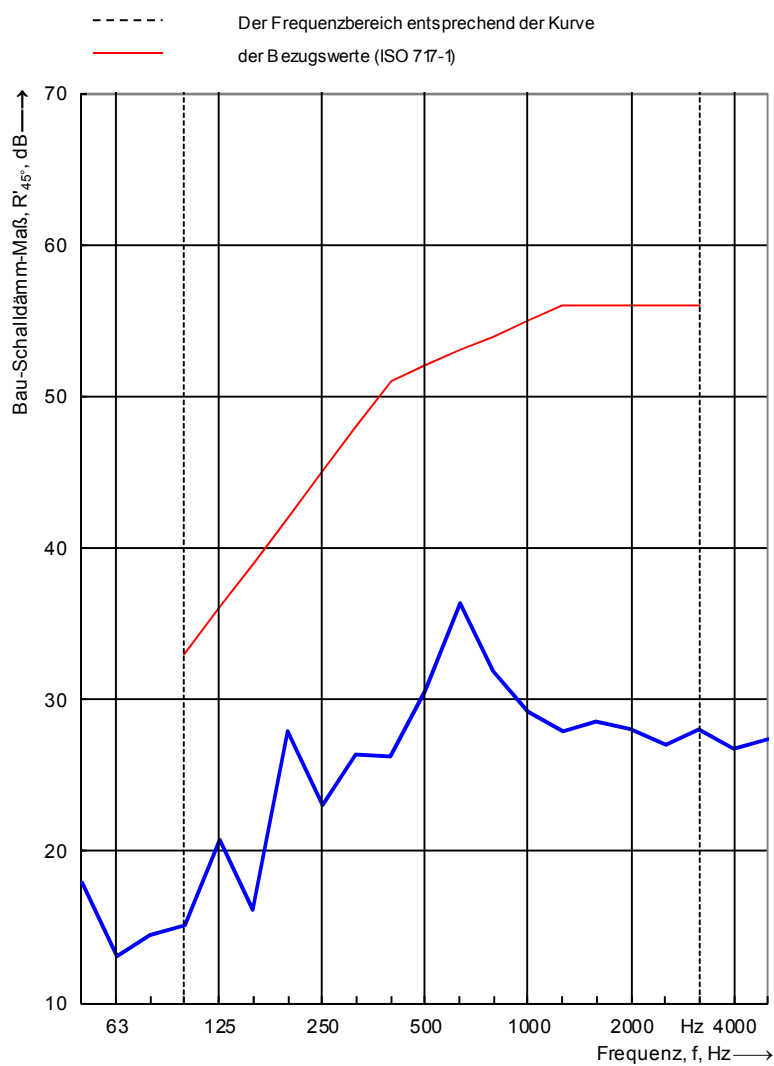
Auftraggeber: Dr. Blechschmidt & Reinhold GmbH, Auf der Katzenburg 1, 99759 Großlohra Prüfdatum: 23.11.2011

Aufbau: Zustand 3 (Normalbetrieb Zuluft-Kastenfenster) ohne Randbedämpfung, Schalterstellung 3 (Abluftanlage)

Objekt: Prüfobjekt im Empfangsraum (EG) des Einfamilienhauses

Fläche S des Trennbauteils: 144 m²
 Volumen des Senderraumes: m³
 Volumen des Empfangsraumes: 19,1 m³

Frequenz f [Hz]	R' _{45°} Terz [dB]
50	17,9
63	13,1
80	14,5
100	15,1
125	20,7
160	16,1
200	27,9
250	23,0
315	26,4
400	26,3
500	30,6
630	36,3
800	31,9
1000	29,2
1250	27,9
1600	28,6
2000	28,1
2500	27,0
3150	28,0
4000	26,7
5000	27,4



Bewertung nach ISO 717-1

 $R'_{45^\circ, w}(C; C_{tr}) = 29,2$ (-1,3 ; -2,5) dB

Die Ermittlung basiert auf Gebäude-Messungen, die in Terzbändern gewonnen wurden.

 $C_{50-3150} = -14$ dB $C_{50-5000} = -15$ dB $C_{100-5000} = -15$ dB $C_{tr, 50-3150} = -3,6$ dB $C_{tr, 50-5000} = -3,7$ dB $C_{tr, 100-5000} = -2,7$ dB

Bau-Schalldämm-Maß nach ISO140-5

Messung der Luftschalldämmung von Fassadenelementen und Fassaden

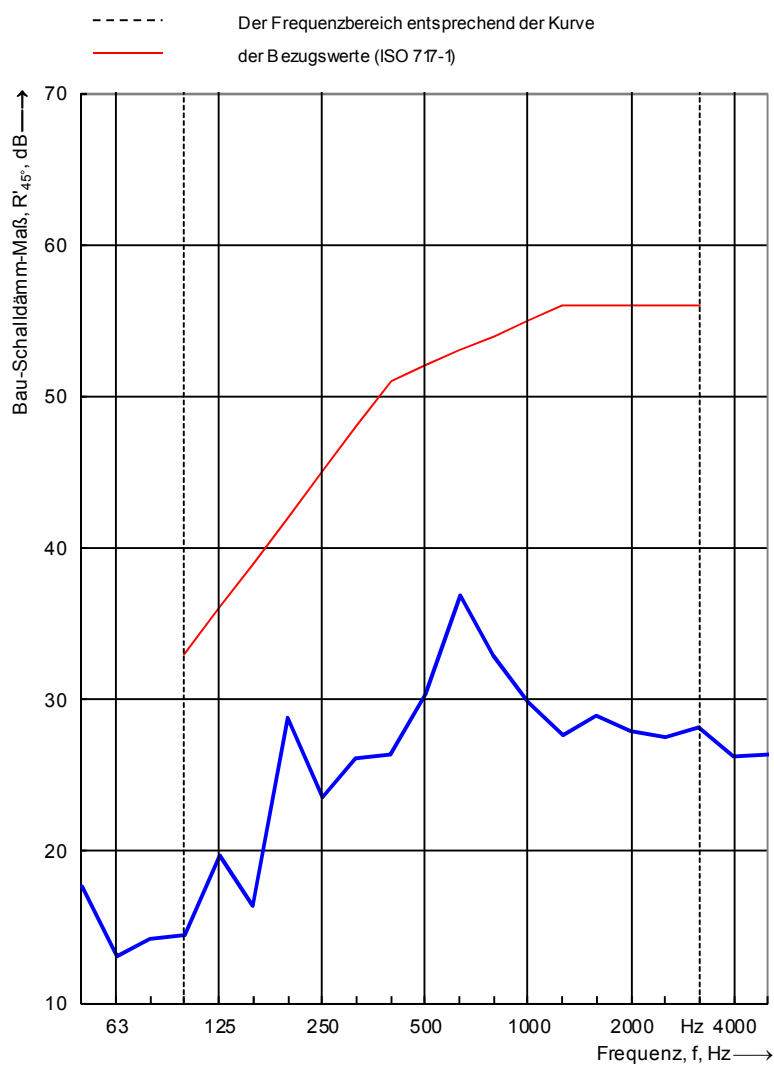
Auftraggeber: Dr. Blechschmidt & Reinhold GmbH, Auf der Katzenburg 1, 99759 Großlohra Prüfdatum: 23.11.2011

Aufbau: Zustand 3 (Normalbetrieb Zuluft-Kastenfenster) ohne Randbedämpfung, Schalterstellung 5 (Abluftanlage)

Objekt: Prüfobjekt im Empfangsraum (EG) des Einfamilienhauses

Fläche S des Trennbauteils: 144 m²
 Volumen des Senderraumes: m³
 Volumen des Empfangsraumes: 19,1 m³

Frequenz f [Hz]	R' _{45°} Terz [dB]
50	17,7
63	13,1
80	14,2
100	14,5
125	19,7
160	16,4
200	28,8
250	23,6
315	26,1
400	26,4
500	30,3
630	36,9
800	32,9
1000	29,8
1250	27,7
1600	28,9
2000	27,9
2500	27,5
3150	28,2
4000	26,2
5000	26,4



Bewertung nach ISO 717-1

 $R'_{45,w}(C;C_{tr}) = 29,4$ (-1,4 ; -2,7) dB

Die Ermittlung basiert auf Gebäude-Messungen, die in Terzbändern gewonnen wurden.

 $C_{50-3150} = -1,5$ dB $C_{50-5000} = -1,8$ dB $C_{100-5000} = -1,8$ dB $C_{tr,50-3150} = -3,8$ dB $C_{tr,50-5000} = -3,9$ dB $C_{tr,100-5000} = -2,9$ dB

(Tabelle 6.10, Nr. 1)

Bau-Schalldämm-Maß nach ISO140-5

Messung der Luftschalldämmung von Fassadenelementen und Fassaden

Auftraggeber: Dr. Blechschmidt & Reinhold GmbH, Auf der Katzenburg 1, 99759 Großlohra

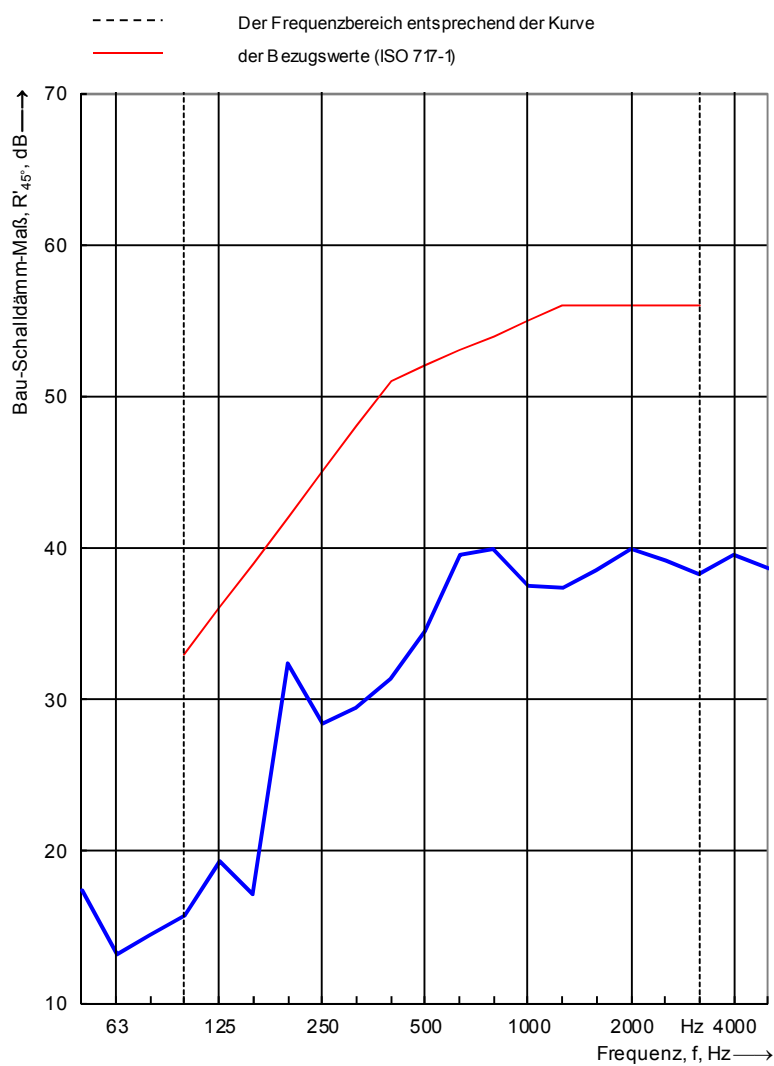
Prüfdatum: 16.11.2011

Aufbau: Zustand 3 (Normalbetrieb Zuluft-Kastenfenster) mit Randbedämpfung (Dicke 15 cm) an beiden Seiten, oben und unten im Kasten, Schalterstellung 1 (Abluftanlage)

Objekt: Prüfobjekt im Empfangsraum (EG) des Einfamilienhauses

Fläche S des Trennbauteils: 144 m²
 Volumen des Senderraumes: m³
 Volumen des Empfangsraumes: 19,1 m³

Frequenz f [Hz]	R' _{45°} Terz [dB]
50	17,4
63	13,2
80	14,5
100	15,8
125	19,4
160	17,2
200	32,4
250	28,4
315	29,4
400	31,4
500	34,6
630	39,5
800	40,0
1000	37,5
1250	37,4
1600	38,5
2000	40,0
2500	39,2
3150	38,3
4000	39,5
5000	38,7



Bewertung nach ISO 717-1

 $R'_{45^\circ, w}(C; C_{tr}) = 36,6$ (-2,2 ; -6,4) dB

Die Ermittlung basiert auf Gebäude-Messungen,
 die in Terzbändern gewonnen wurden.

 $C_{50-3150} = -2,6$ dB $C_{50-5000} = -1,9$ dB $C_{100-5000} = -1,6$ dB $C_{tr, 50-3150} = -8,4$ dB $C_{tr, 50-5000} = -8,5$ dB $C_{tr, 100-5000} = -6,4$ dB

Bau-Schalldämm-Maß nach ISO140-5

Messung der Luftschalldämmung von Fassadenelementen und Fassaden

Auftraggeber: Dr. Bleichschmidt & Reinhold GmbH, Auf der Katzenburg 1, 99759 Großlohra

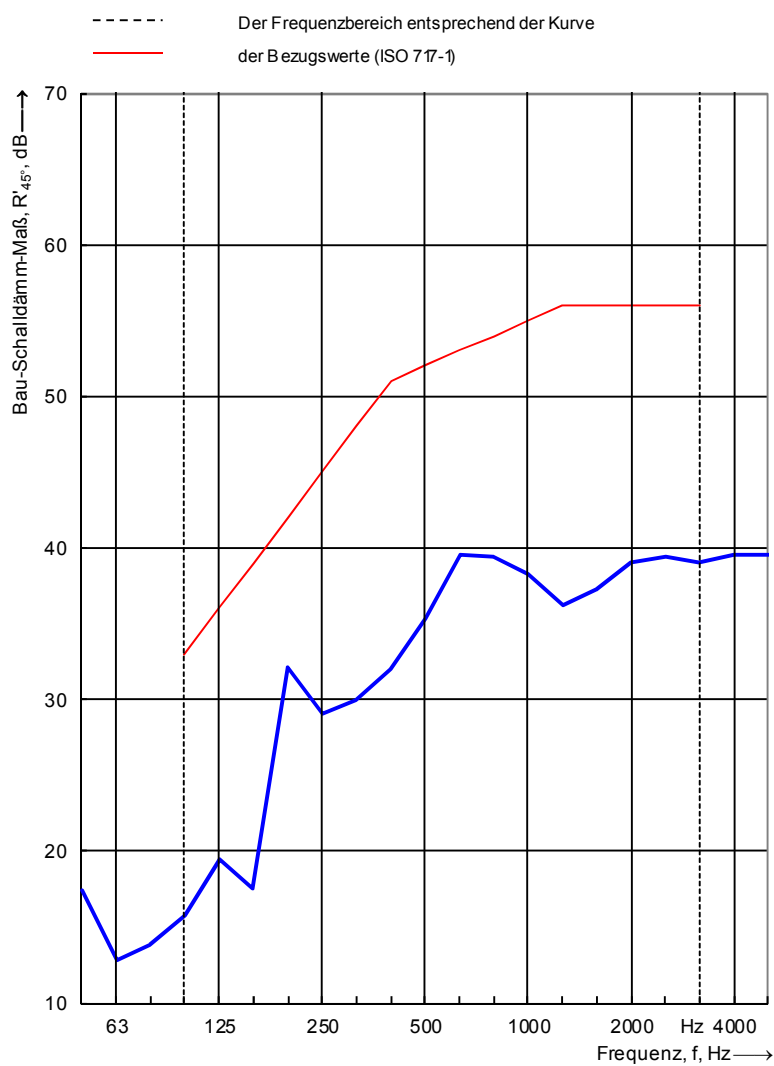
Prüfdatum: 16.11.2011

Aufbau: Zustand 3 (Normalbetrieb Zuluft-Kastenfenster) mit Randbedämpfung (Dicke 15 cm) an beiden Seiten, oben und unten im Kasten, Schalterstellung 3 (Abluftanlage)

Objekt: Prüfobjekt im Empfangsraum (EG) des Einfamilienhauses

Fläche S des Trennbauteils: 144 m²
 Volumen des Senderraumes: m³
 Volumen des Empfangsraumes: 19,1 m³

Frequenz f [Hz]	R' _{45°} Terz [dB]
50	17,4
63	12,8
80	13,9
100	15,7
125	19,5
160	17,6
200	32,1
250	29,1
315	30,0
400	32,0
500	35,3
630	39,5
800	39,4
1000	38,3
1250	36,2
1600	37,2
2000	39,1
2500	39,4
3150	39,0
4000	39,5
5000	39,6



Bewertung nach ISO 717-1

 $R'_{45^\circ, w}(C; C_{tr}) = 36,7 \text{ (-2,2 ; -6,3) dB}$

Die Ermittlung basiert auf Gebäude-Messungen,
 die in Terzbändern gewonnen wurden.

 $C_{50-3150} = -2,6 \text{ dB} \quad C_{50-5000} = -1,9 \text{ dB} \quad C_{100-5000} = -1,5 \text{ dB}$
 $C_{tr, 50-3150} = -8,6 \text{ dB} \quad C_{tr, 50-5000} = -8,6 \text{ dB} \quad C_{tr, 100-5000} = -6,3 \text{ dB}$

Bau-Schalldämm-Maß nach ISO140-5

Messung der Luftschalldämmung von Fassadenelementen und Fassaden

Auftraggeber: Dr. Bleichschmidt & Reinhold GmbH, Auf der Katzenburg 1, 99759 Großlohra

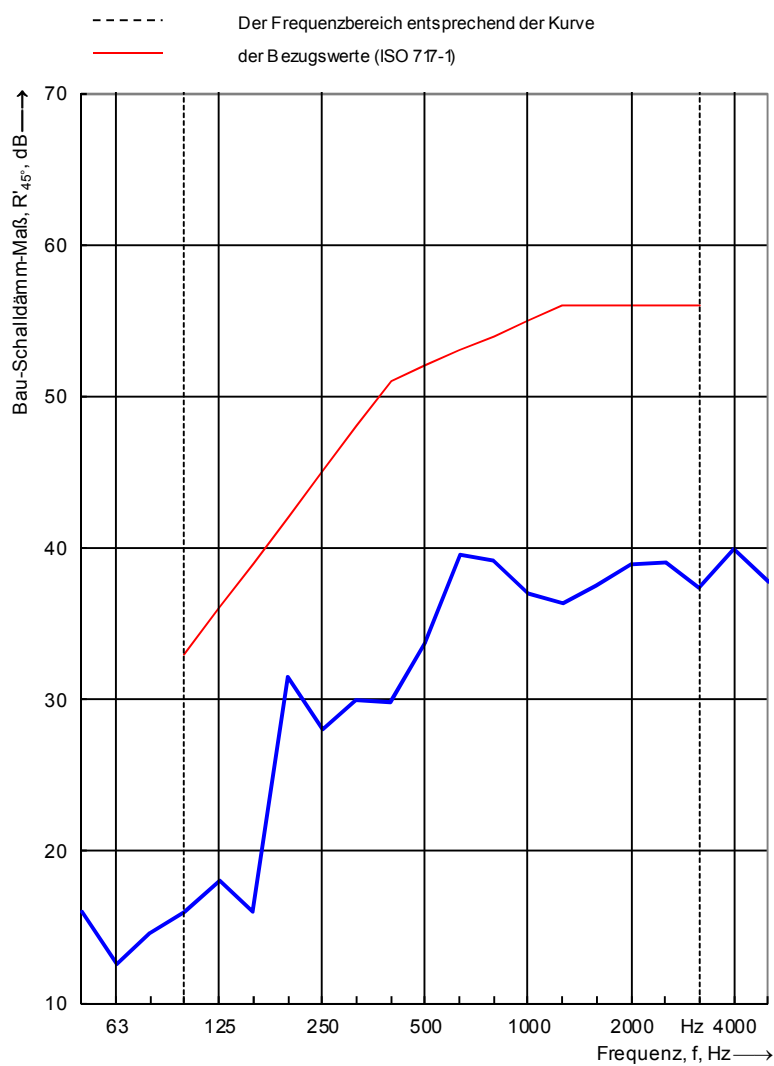
Prüfdatum: 16.11.2011

Aufbau: Zustand 3 (Normalbetrieb Zuluft-Kastenfenster) mit Randbedämpfung (Dicke 15 cm) an beiden Seiten, oben und unten im Kasten, Schalterstellung 5 (Abluftanlage)

Objekt: Prüfobjekt im Empfangsraum (EG) des Einfamilienhauses

Fläche S des Trennbauteils: 144 m²
 Volumen des Senderraumes: m³
 Volumen des Empfangsraumes: 19,1 m³

Frequenz f [Hz]	R' _{45°} Terz [dB]
50	16,0
63	12,6
80	14,6
100	16,0
125	18,0
160	16,0
200	31,5
250	28,1
315	30,0
400	29,8
500	33,8
630	39,5
800	39,2
1000	37,0
1250	36,4
1600	37,5
2000	38,9
2500	39,0
3150	37,4
4000	39,9
5000	37,7



Bewertung nach ISO 717-1

 $R'_{45^\circ, w}(C; C_{tr}) = 35,9 \text{ (-2,3 ; -6,4) dB}$

Die Ermittlung basiert auf Gebäude-Messungen,
 die in Terzbändern gewonnen wurden.

 $C_{50-3150} = -2,6 \text{ dB } C_{50-5000} = -2,0 \text{ dB } C_{100-5000} = -1,7 \text{ dB}$ $C_{tr, 50-3150} = -8,3 \text{ dB } C_{tr, 50-5000} = -8,3 \text{ dB } C_{tr, 100-5000} = -6,4 \text{ dB}$

(Tabelle 6.11, Nr. 1)

Bau-Schalldämm-Maß nach ISO140-5

Messung der Luftschalldämmung von Fassadenelementen und Fassaden

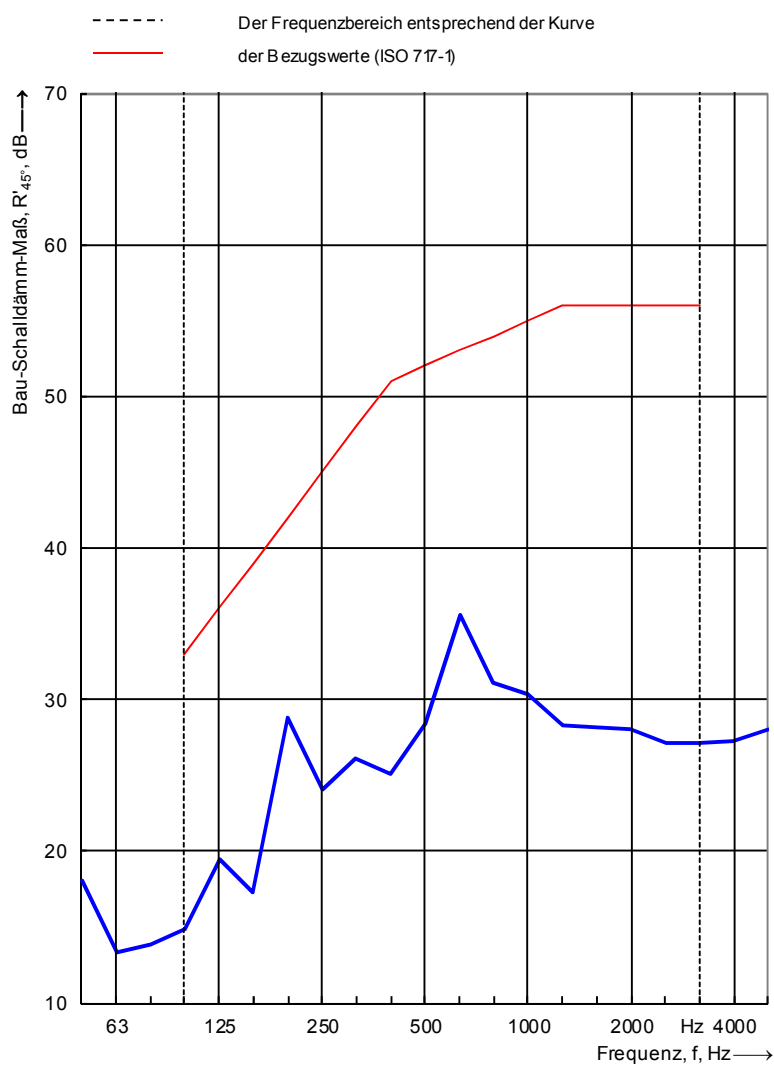
Auftraggeber: Dr. Blechschmidt & Reinhold GmbH, Auf der Katzenburg 1, 99759 Großlohra Prüfdatum: 22.11.2011

Aufbau: Zustand 3 (Normalbetrieb Zuluft-Kastenfenster) ohne Randbedämpfung, Regelstufe 1 (Blower-Door-Ventilator)

Objekt: Prüfobjekt im Empfangsraum (EG) im Einfamilienhaus

Fläche S des Trennbauteils: 144 m²
 Volumen des Senderraumes: m³
 Volumen des Empfangsraumes: 19,1 m³

Frequenz f [Hz]	R' _{45°} Terz [dB]
50	18,1
63	13,3
80	13,8
100	14,9
125	19,5
160	17,3
200	28,8
250	24,1
315	26,1
400	25,1
500	28,4
630	35,6
800	31,1
1000	30,3
1250	28,3
1600	28,2
2000	28,0
2500	27,1
3150	27,1
4000	27,3
5000	28,1



Bewertung nach ISO 717-1

 $R'_{45^\circ, w}(C; C_{tr}) = 29,0$ (-1,3 ; -2,3) dBDie Ermittlung basiert auf Gebäude-Messungen,
die in Terzbändern gewonnen wurden. $C_{50-3150} = -1,3$ dB $C_{50-5000} = -1,3$ dB $C_{100-5000} = -1,2$ dB $C_{tr, 50-3150} = -3,4$ dB $C_{tr, 50-5000} = -3,5$ dB $C_{tr, 100-5000} = -2,4$ dB

(Tabelle 6.11, Nr. 2)

Bau-Schalldämm-Maß nach ISO140-5

Messung der Luftschalldämmung von Fassadenelementen und Fassaden

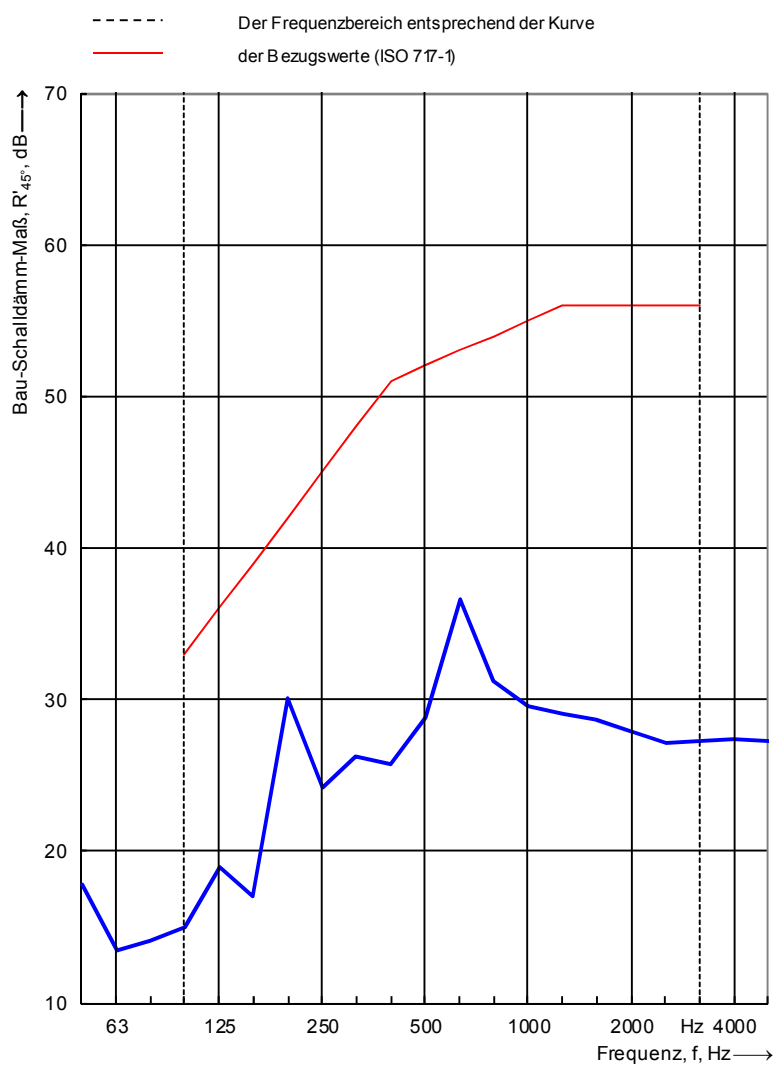
Auftraggeber: Dr. Blechschmidt & Reinhold GmbH, Auf der Katzenburg 1, 99759 Großlohra Prüfdatum: 22.11.2011

Aufbau: Zustand 3 (Normalbetrieb Zuluft-Kastenfenster) ohne Randbedämpfung, Regelstufe 2 (Blower-Door-Ventilator)

Objekt: Prüfobjekt im Empfangsraum (EG) im Einfamilienhaus

Fläche S des Trennbauteils: 144 m²
 Volumen des Senderraumes: m³
 Volumen des Empfangsraumes: 19,1 m³

Frequenz f [Hz]	R' _{45°} Terz [dB]
50	17,8
63	13,5
80	14,1
100	15,0
125	19,0
160	17,1
200	30,1
250	24,2
315	26,3
400	25,7
500	28,8
630	36,6
800	31,2
1000	29,6
1250	29,0
1600	28,7
2000	27,9
2500	27,1
3150	27,3
4000	27,4
5000	27,3



Bewertung nach ISO 717-1

 $R'_{45^\circ, w}(C; C_{tr}) = 29,2$ (-1,3 ; -2,4) dBDie Ermittlung basiert auf Gebäude-Messungen,
die in Terzbändern gewonnen wurden. $C_{50-3150} = -14$ dB $C_{50-5000} = -15$ dB $C_{100-5000} = -14$ dB $C_{tr, 50-3150} = -3,4$ dB $C_{tr, 50-5000} = -3,6$ dB $C_{tr, 100-5000} = -2,5$ dB

(Tabelle 6.11, Nr. 3)

Bau-Schalldämm-Maß nach ISO140-5

Messung der Luftschalldämmung von Fassadenelementen und Fassaden

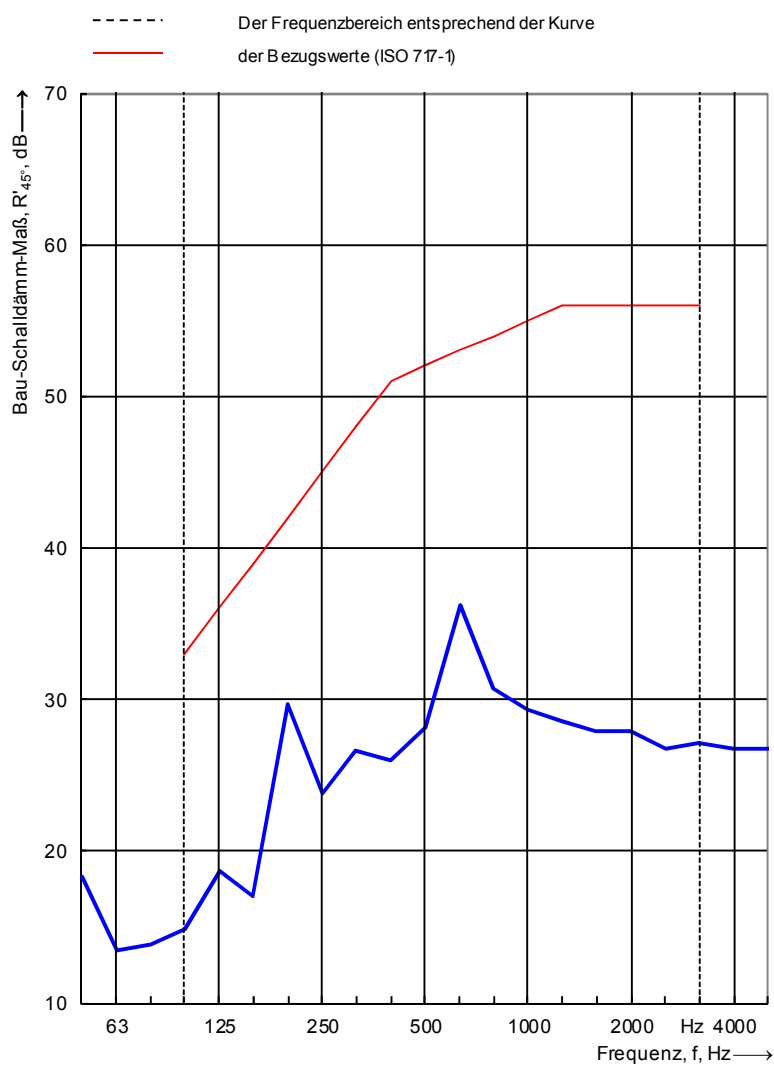
Auftraggeber: Dr. Blechschmidt & Reinhold GmbH, Auf der Katzenburg 1, 99759 Großlohra Prüfdatum: 22.11.2011

Aufbau: Zustand 3 (Normalbetrieb Zuluft-Kastenfenster) ohne Randbedämpfung, Regelstufe 3 (Blower-Door-Ventilator)

Objekt: Prüfobjekt im Empfangsraum (EG) im Einfamilienhaus

Fläche S des Trennbauteils: 144 m²
 Volumen des Senderraumes: m³
 Volumen des Empfangsraumes: 19,1 m³

Frequenz f [Hz]	R' _{45°} Terz [dB]
50	18,3
63	13,4
80	13,9
100	14,8
125	18,7
160	17,0
200	29,7
250	23,8
315	26,6
400	26,0
500	28,2
630	36,2
800	30,7
1000	29,3
1250	28,5
1600	27,9
2000	27,9
2500	26,8
3150	27,2
4000	26,7
5000	26,8



Bewertung nach ISO 717-1

 $R'_{45^\circ, w}(C; C_{tr}) = 28,9$ (-1,3 ; -2,3) dB

Die Ermittlung basiert auf Gebäude-Messungen, die in Terzbändern gewonnen wurden.

 $C_{50-3150} = -14$ dB $C_{50-5000} = -15$ dB $C_{100-5000} = -14$ dB $C_{tr, 50-3150} = -3,4$ dB $C_{tr, 50-5000} = -3,5$ dB $C_{tr, 100-5000} = -2,5$ dB

(Tabelle 6.11, Nr. 4)

Bau-Schalldämm-Maß nach ISO140-5

Messung der Luftschalldämmung von Fassadenelementen und Fassaden

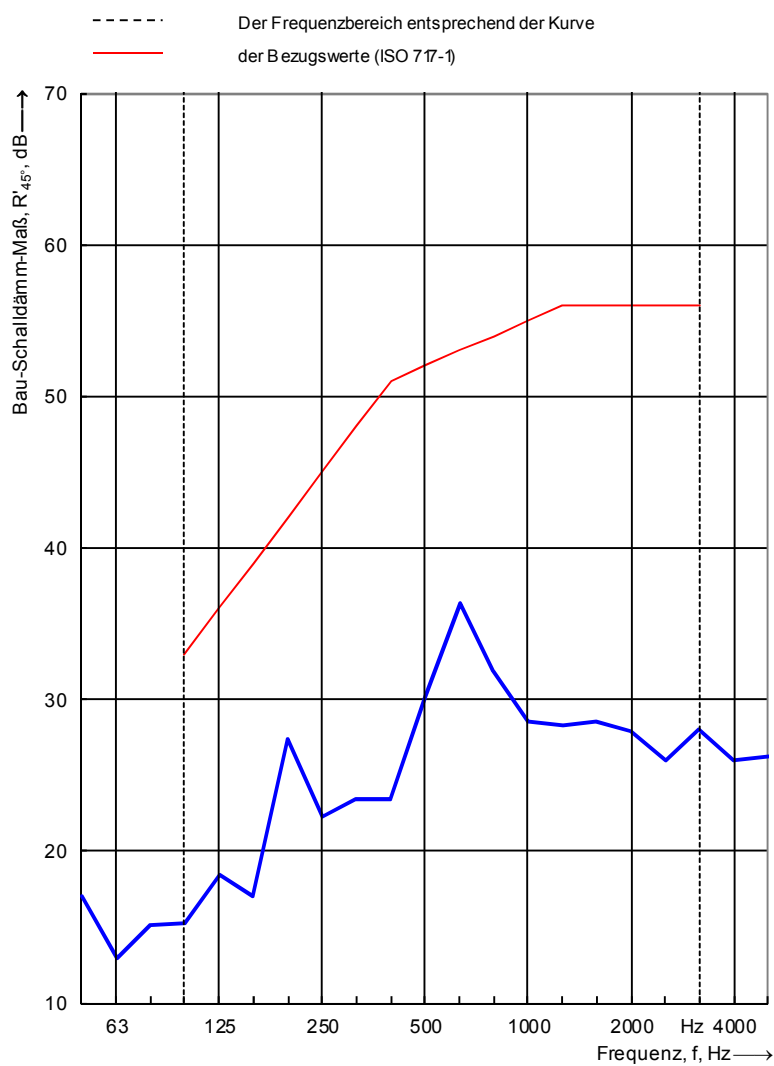
Auftraggeber: Dr. Blechschmidt & Reinhold GmbH, Auf der Katzenburg 1, 99759 Großlohra Prüfdatum: 22.11.2011

Aufbau: Zustand 3 (Normalbetrieb Zuluft-Kastenfenster) ohne Randbedämpfung, Regelstufe 4 (Blower-Door-Ventilator)

Objekt: Prüfobjekt im Empfangsraum (EG) im Einfamilienhaus

Fläche S des Trennbauteils: 144 m²
 Volumen des Senderraumes: m³
 Volumen des Empfangsraumes: 19,1 m³

Frequenz f [Hz]	R' _{45°} Terz [dB]
50	17,0
63	13,0
80	15,1
100	15,3
125	18,4
160	17,0
200	27,4
250	22,3
315	23,4
400	23,4
500	30,2
630	36,4
800	31,9
1000	28,6
1250	28,3
1600	28,5
2000	27,9
2500	26,0
3150	28,0
4000	26,0
5000	26,2



Bewertung nach ISO 717-1

 $R'_{45,w}(C;C_{tr}) = 28,5$ (-11 ; -2,3) dB

Die Ermittlung basiert auf Gebäude-Messungen, die in Terzbändern gewonnen wurden.

 $C_{50-3150} = -12$ dB $C_{50-5000} = -14$ dB $C_{100-5000} = -14$ dB $C_{tr,50-3150} = -3,2$ dB $C_{tr,50-5000} = -3,4$ dB $C_{tr,100-5000} = -2,5$ dB

(Tabelle 6.11, Nr. 5)

Bau-Schalldämm-Maß nach ISO140-5

Messung der Luftschalldämmung von Fassadenelementen und Fassaden

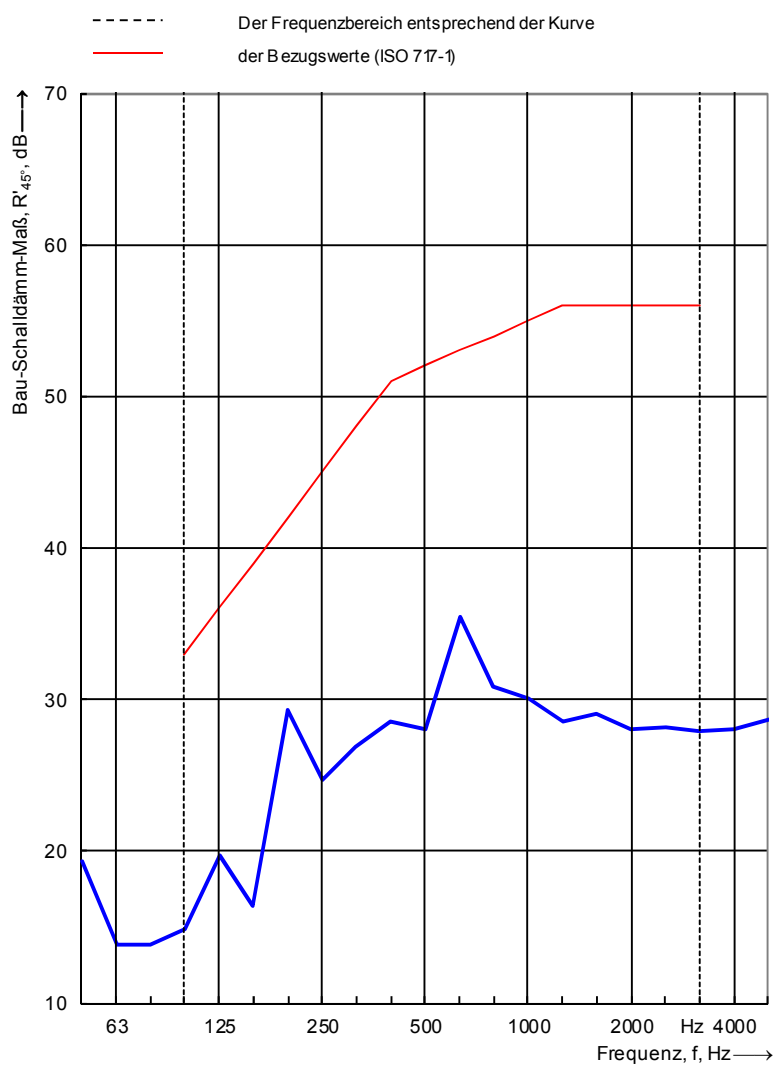
Auftraggeber: Dr. Blechschmidt & Reinhold GmbH, Auf der Katzenburg 1, 99759 Großlohra Prüfdatum: 22.11.2011

Aufbau: Zustand 3 (Normalbetrieb Zuluft-Kastenfenster) ohne Randbedämpfung, Regelstufe 5 (Blower-Door-Ventilator)

Objekt: Prüfobjekt im Empfangsraum (EG) im Einfamilienhaus

Fläche S des Trennbauteils: 144 m²
 Volumen des Senderraumes: m³
 Volumen des Empfangsraumes: 19,1 m³

Frequenz f [Hz]	R' _{45°} Terz [dB]
50	19,3
63	13,8
80	13,8
100	14,8
125	19,7
160	16,4
200	29,3
250	24,7
315	26,9
400	28,6
500	28,1
630	35,5
800	30,9
1000	30,1
1250	28,6
1600	29,0
2000	28,1
2500	28,2
3150	27,9
4000	28,1
5000	28,7



Bewertung nach ISO 717-1

 $R'_{45^\circ, w}(C; C_{tr}) = 29,6$ (-14 ; -2,6) dBDie Ermittlung basiert auf Gebäude-Messungen,
die in Terzbändern gewonnen wurden. $C_{50-3150} = -15$ dB $C_{50-5000} = -14$ dB $C_{100-5000} = -13$ dB $C_{tr, 50-3150} = -3,7$ dB $C_{tr, 50-5000} = -3,8$ dB $C_{tr, 100-5000} = -2,8$ dB

(Tabelle 6.11, Nr. 6)

Bau-Schalldämm-Maß nach ISO140-5

Messung der Luftschalldämmung von Fassadenelementen und Fassaden

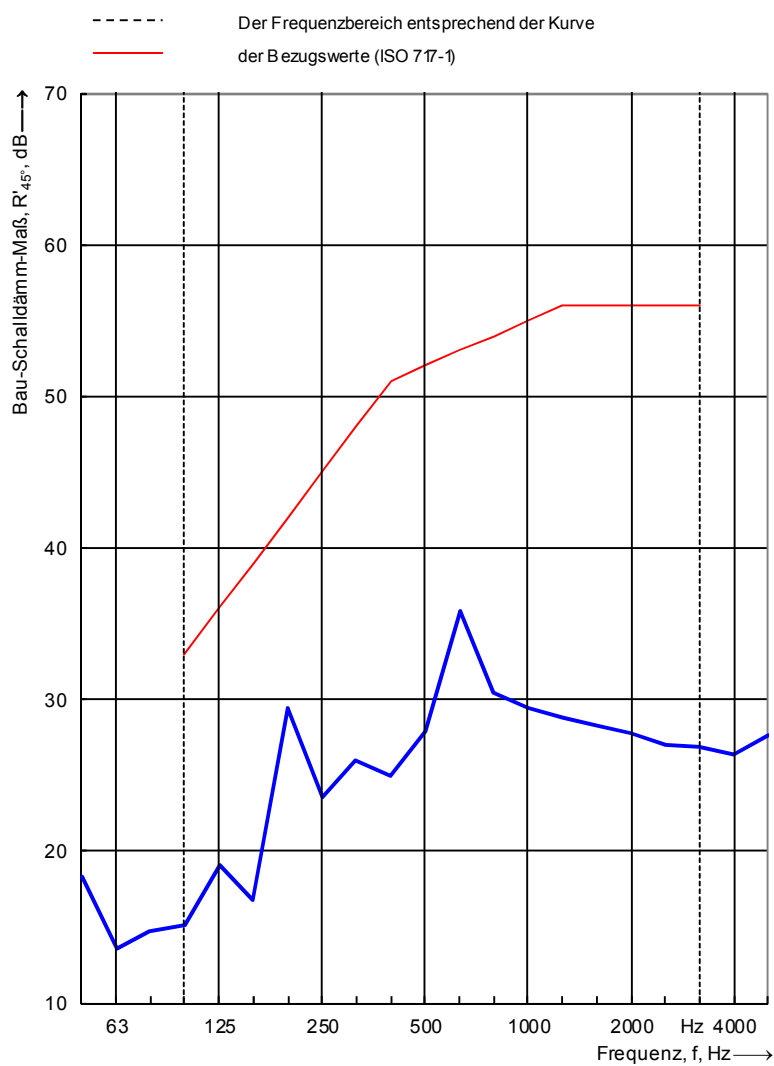
Auftraggeber: Dr. Blechschmidt & Reinhold GmbH, Auf der Katzenburg 1, 99759 Großlohra Prüfdatum: 22.11.2011

Aufbau: Zustand 3 (Normalbetrieb Zuluft-Kastenfenster) ohne Randbedämpfung, Regelstufe 6 (Blower-Door-Ventilator)

Objekt: Prüfobjekt im Empfangsraum (EG) im Einfamilienhaus

Fläche S des Trennbauteils: 144 m²
 Volumen des Senderraumes: m³
 Volumen des Empfangsraumes: 19,1 m³

Frequenz f [Hz]	R' _{45°} Terz [dB]
50	18,3
63	13,6
80	14,7
100	15,1
125	19,1
160	16,8
200	29,4
250	23,5
315	26,0
400	25,0
500	27,9
630	35,9
800	30,5
1000	29,4
1250	28,8
1600	28,3
2000	27,8
2500	27,0
3150	26,9
4000	26,4
5000	27,6



Bewertung nach ISO 717-1

 $R'_{45^\circ, w}(C; C_{tr}) = 28,8$ (-1,2 ; -2,3) dB

Die Ermittlung basiert auf Gebäude-Messungen, die in Terzbändern gewonnen wurden.

 $C_{50-3150} = -1,3$ dB $C_{50-5000} = -1,4$ dB $C_{100-5000} = -1,3$ dB $C_{tr, 50-3150} = -3,2$ dB $C_{tr, 50-5000} = -3,3$ dB $C_{tr, 100-5000} = -2,4$ dB

Bau-Schalldämm-Maß nach ISO140-5

Messung der Luftschalldämmung von Fassadenelementen und Fassaden

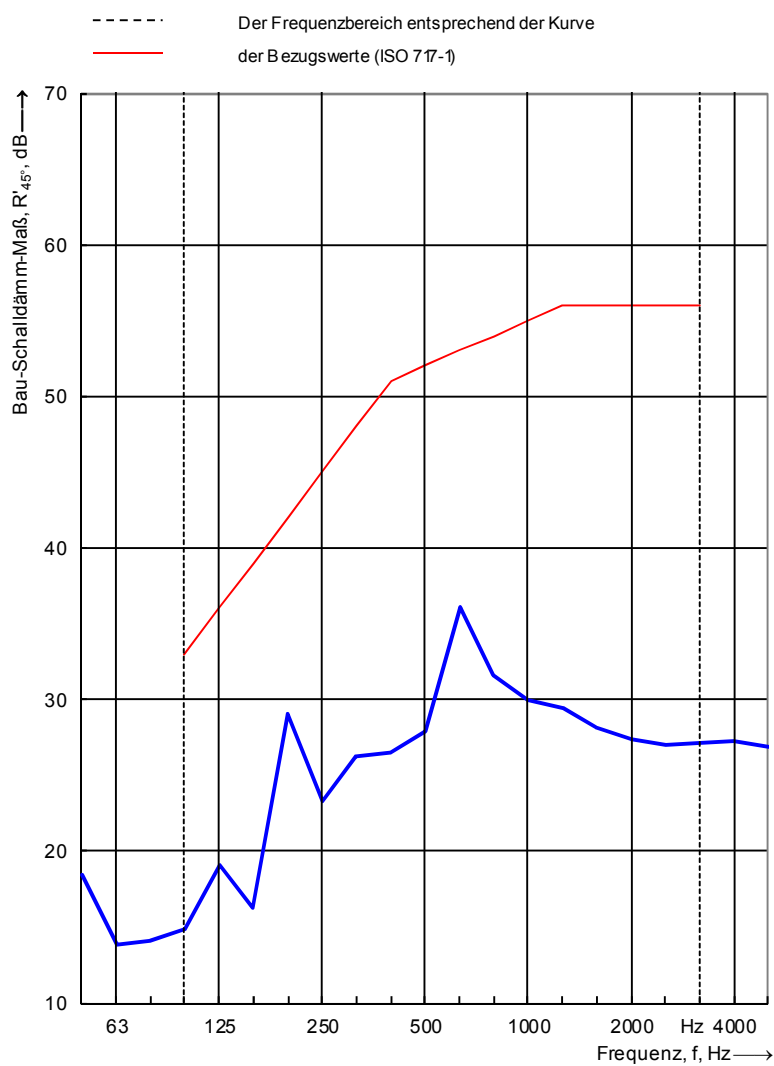
Auftraggeber: Dr. Blechschmidt & Reinhold GmbH, Auf der Katzenburg 1, 99759 Großlohra Prüfdatum: 22.11.2011

Aufbau: Zustand 3 (Normalbetrieb Zuluft-Kastenfenster) ohne Randbedämpfung, Regelstufe 7 (Blower-Door-Ventilator)

Objekt: Prüfobjekt im Empfangsraum (EG) im Einfamilienhaus

Fläche S des Trennbauteils: 144 m²
 Volumen des Senderraumes: m³
 Volumen des Empfangsraumes: 19,1 m³

Frequenz f [Hz]	R' _{45°} Terz [dB]
50	18,4
63	13,8
80	14,1
100	14,9
125	19,1
160	16,3
200	29,1
250	23,3
315	26,3
400	26,5
500	27,9
630	36,1
800	31,6
1000	29,9
1250	29,5
1600	28,2
2000	27,4
2500	27,0
3150	27,2
4000	27,3
5000	26,9



Bewertung nach ISO 717-1

 $R'_{45,w}(C;C_{tr}) = 29,2$ (-1,5 ; -2,6) dBDie Ermittlung basiert auf Gebäude-Messungen,
die in Terzbändern gewonnen wurden. $C_{50-3150} = -1,5$ dB $C_{50-5000} = -1,6$ dB $C_{100-5000} = -1,6$ dB $C_{tr,50-3150} = -3,6$ dB $C_{tr,50-5000} = -3,7$ dB $C_{tr,100-5000} = -2,7$ dB

(Tabelle 6.11, Nr. 8)

Bau-Schalldämm-Maß nach ISO140-5

Messung der Luftschalldämmung von Fassadenelementen und Fassaden

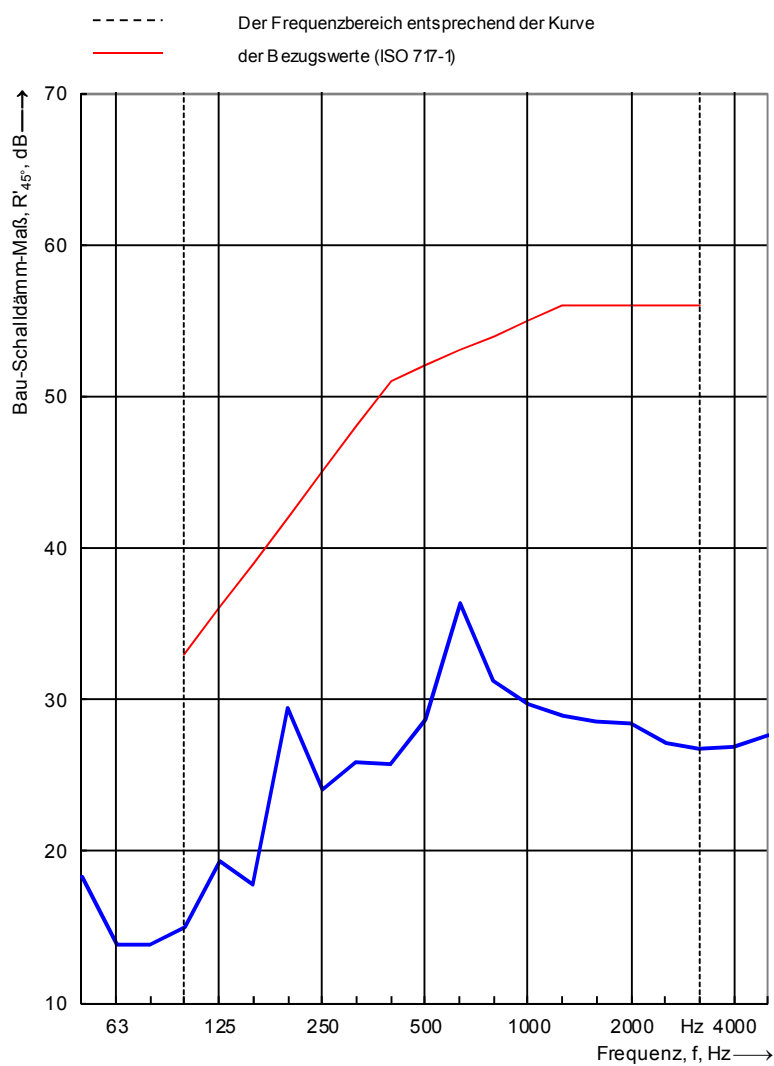
Auftraggeber: Dr. Bleichschmidt & Reinhold GmbH, Auf der Katzenburg 1, 99759 Großlohra Prüfdatum: 22.11.2011

Aufbau: Zustand 3 (Normalbetrieb Zuluft-Kastenfenster) ohne Randbedämpfung, Regelstufe 8 (Blower-Door-Ventilator)

Objekt: Prüfobjekt im Empfangsraum (EG) im Einfamilienhaus

Fläche S des Trennbauteils: 144 m²
 Volumen des Senderraumes: m³
 Volumen des Empfangsraumes: 19,1 m³

Frequenz f [Hz]	R' _{45°} Terz [dB]
50	18,3
63	13,9
80	13,9
100	15,0
125	19,4
160	17,8
200	29,4
250	24,1
315	25,8
400	25,7
500	28,7
630	36,3
800	31,3
1000	29,7
1250	28,9
1600	28,5
2000	28,4
2500	27,2
3150	26,8
4000	26,9
5000	27,7



Bewertung nach ISO 717-1

 $R'_{45^\circ, w}(C; C_{tr}) = 29,2$ (-1,3 ; -2,3) dB

Die Ermittlung basiert auf Gebäude-Messungen, die in Terzbändern gewonnen wurden.

 $C_{50-3150} = -14$ dB $C_{50-5000} = -15$ dB $C_{100-5000} = -14$ dB $C_{tr, 50-3150} = -3,4$ dB $C_{tr, 50-5000} = -3,5$ dB $C_{tr, 100-5000} = -2,4$ dB

(Tabelle 6.11, Nr. 9)

Bau-Schalldämm-Maß nach ISO140-5

Messung der Luftschalldämmung von Fassadenelementen und Fassaden

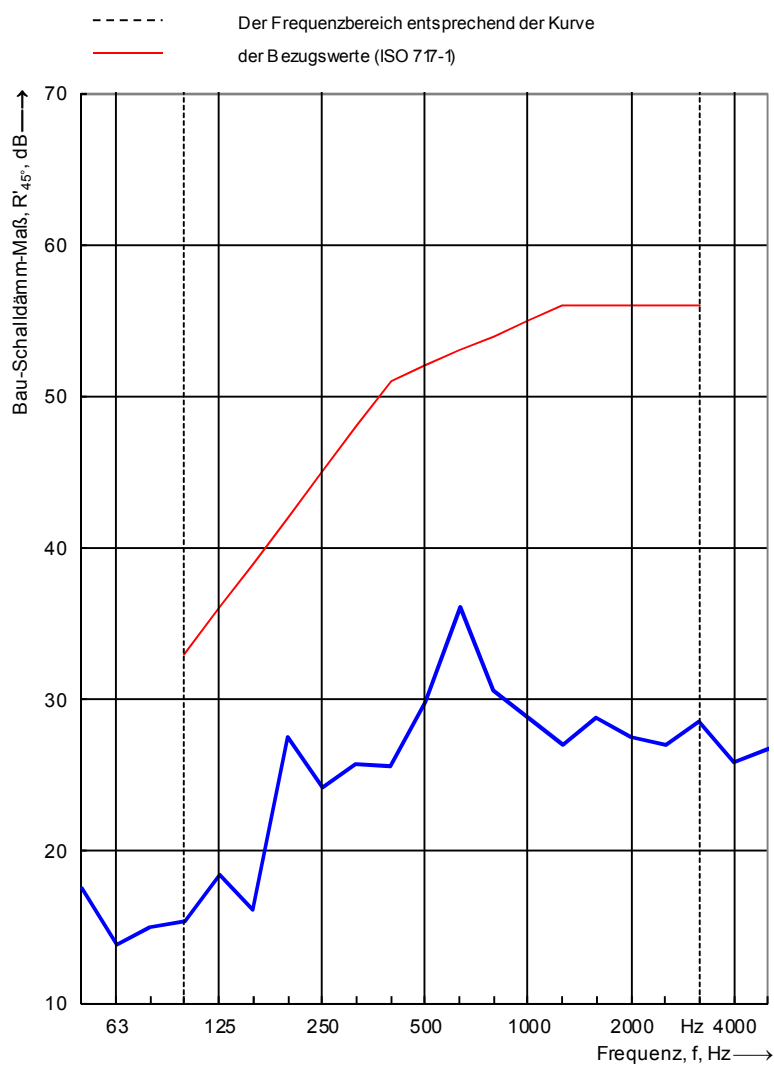
Auftraggeber: Dr. Blechschmidt & Reinhold GmbH, Auf der Katzenburg 1, 99759 Großlohra Prüfdatum: 23.11.2011

Aufbau: Zustand 3 (Normalbetrieb Zuluft-Kastenfenster) ohne Randbedämpfung, Regelstufe 9 (Blower-Door-Ventilator)

Objekt: Prüfobjekt im Empfangsraum (EG) im Einfamilienhaus

Fläche S des Trennbauteils: 144 m²
 Volumen des Senderraumes: m³
 Volumen des Empfangsraumes: 19,1 m³

Frequenz f [Hz]	R' _{45°} Terz [dB]
50	17,6
63	13,9
80	15,0
100	15,4
125	18,5
160	16,1
200	27,5
250	24,2
315	25,7
400	25,6
500	29,8
630	36,1
800	30,6
1000	28,8
1250	27,0
1600	28,8
2000	27,5
2500	27,0
3150	28,5
4000	25,9
5000	26,7



Bewertung nach ISO 717-1

 $R'_{45^\circ, w}(C; C_{tr}) = 28,9$ (-1,3 ; -2,5) dB

Die Ermittlung basiert auf Gebäude-Messungen, die in Terzbändern gewonnen wurden.

 $C_{50-3150} = -14$ dB $C_{50-5000} = -16$ dB $C_{100-5000} = -16$ dB $C_{tr, 50-3150} = -3,4$ dB $C_{tr, 50-5000} = -3,5$ dB $C_{tr, 100-5000} = -2,7$ dB

(Tabelle 6.11, Nr. 10)

Bau-Schalldämm-Maß nach ISO140-5

Messung der Luftschalldämmung von Fassadenelementen und Fassaden

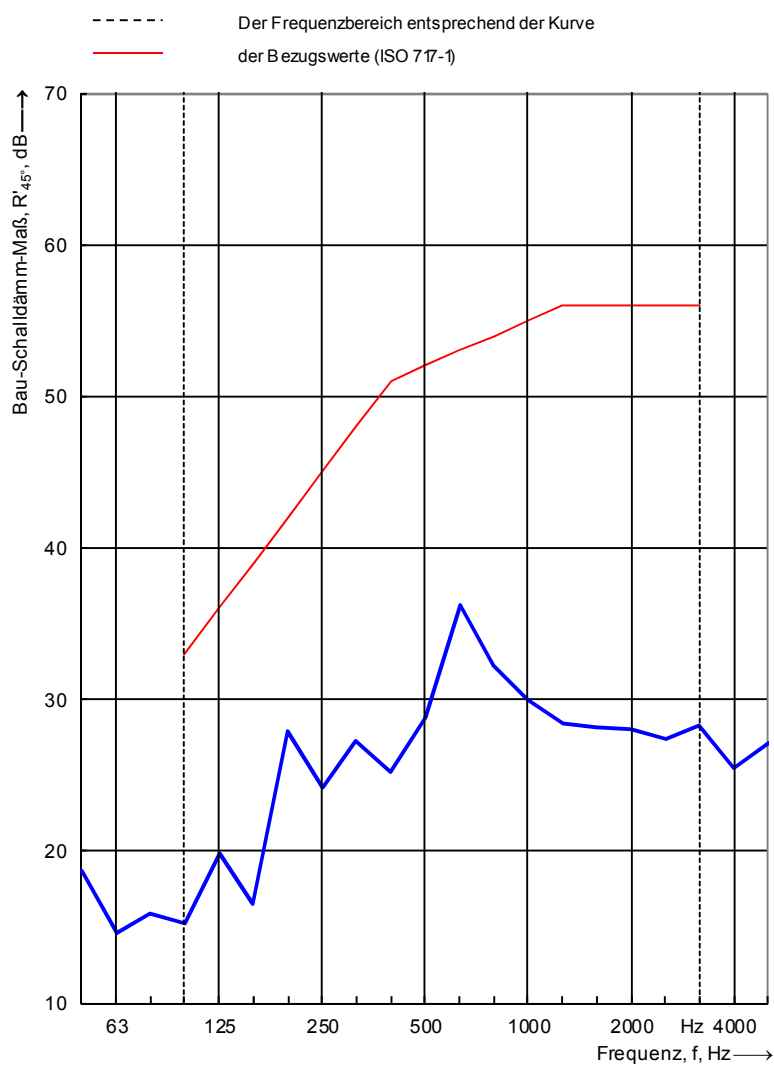
Auftraggeber: Dr. Blechschmidt & Reinhold GmbH, Auf der Katzenburg 1, 99759 Großlohra Prüfdatum: 23.11.2011

Aufbau: Zustand 3 (Normalbetrieb Zuluft-Kastenfenster) ohne Randbedämpfung, Regelstufe 10 (Blower-Door-Ventilator)

Objekt: Prüfobjekt im Empfangsraum (EG) im Einfamilienhaus

Fläche S des Trennbauteils: 144 m²
Volumen des Senderraumes: m³
Volumen des Empfangsraumes: 19,1 m³

Frequenz f [Hz]	R' _{45°} Terz [dB]
50	18,7
63	14,6
80	15,9
100	15,3
125	19,8
160	16,5
200	27,9
250	24,2
315	27,3
400	25,2
500	28,8
630	36,2
800	32,2
1000	30,0
1250	28,4
1600	28,2
2000	28,0
2500	27,4
3150	28,3
4000	25,5
5000	27,2



Bewertung nach ISO 717-1

$R'_{45,w}(C;C_{tr}) = 29,2$ (-1,2 ; -2,4) dB

Die Ermittlung basiert auf Gebäude-Messungen, die in Terzbändern gewonnen wurden.

$C_{50-3150} = -1,3$ dB $C_{50-5000} = -1,6$ dB $C_{100-5000} = -1,6$ dB

$C_{tr,50-3150} = -3,2$ dB $C_{tr,50-5000} = -3,3$ dB $C_{tr,100-5000} = -2,6$ dB

Bau-Schalldämm-Maß nach ISO140-5

Messung der Luftschalldämmung von Fassadenelementen und Fassaden

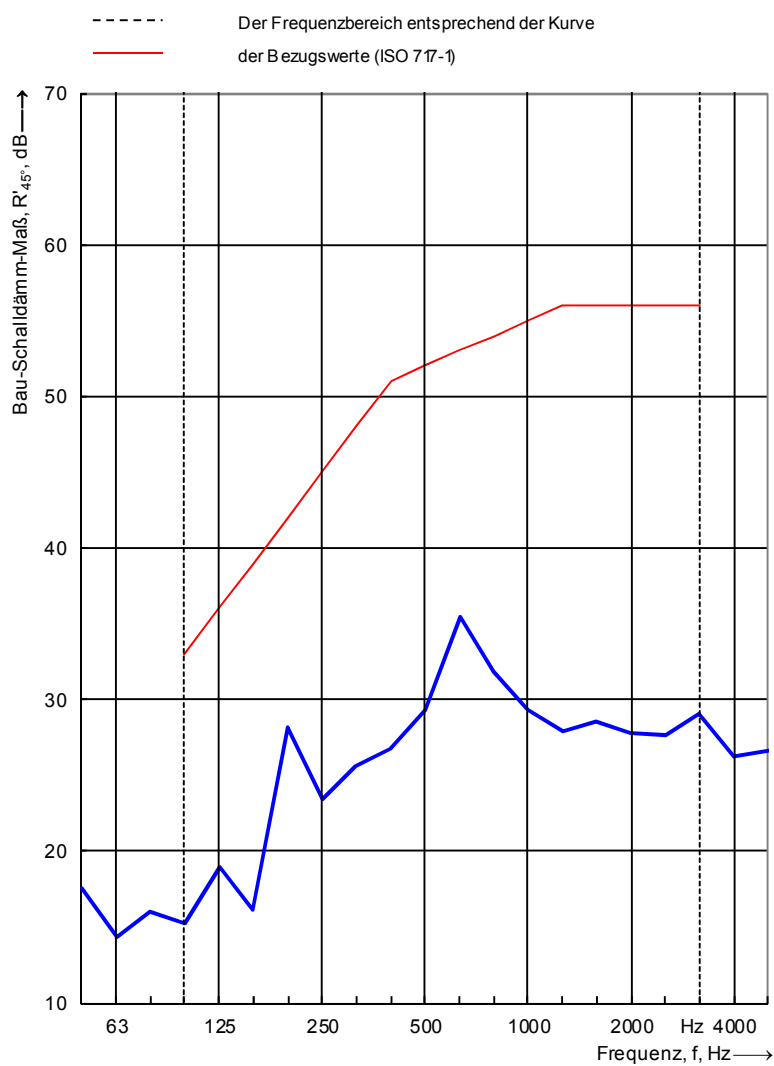
Auftraggeber: Dr. Blechschmidt & Reinhold GmbH, Auf der Katzenburg 1, 99759 Großlohra Prüfdatum: 23.11.2011

Aufbau: Zustand 3 (Normalbetrieb Zuluft-Kastenfenster) ohne Randbedämpfung, Regelstufe 11 (Blower-Door-Ventilator)

Objekt: Prüfobjekt im Empfangsraum (EG) im Einfamilienhaus

Fläche S des Trennbauteils: 144 m²
 Volumen des Senderraumes: m³
 Volumen des Empfangsraumes: 19,1 m³

Frequenz f [Hz]	R' _{45°} Terz [dB]
50	17,6
63	14,4
80	16,0
100	15,3
125	19,0
160	16,2
200	28,2
250	23,4
315	25,6
400	26,7
500	29,3
630	35,5
800	31,9
1000	29,3
1250	27,9
1600	28,5
2000	27,8
2500	27,7
3150	29,1
4000	26,2
5000	26,6



Bewertung nach ISO 717-1

 $R'_{45^\circ, w}(C; C_{tr}) = 29,5$ (-1,5 ; -2,9) dBDie Ermittlung basiert auf Gebäude-Messungen,
die in Terzbändern gewonnen wurden. $C_{50-3150} = -16$ dB $C_{50-5000} = -19$ dB $C_{100-5000} = -19$ dB $C_{tr, 50-3150} = -3,7$ dB $C_{tr, 50-5000} = -3,8$ dB $C_{tr, 100-5000} = -3,0$ dB

Bau-Schalldämm-Maß nach ISO140-5

Messung der Luftschalldämmung von Fassadenelementen und Fassaden

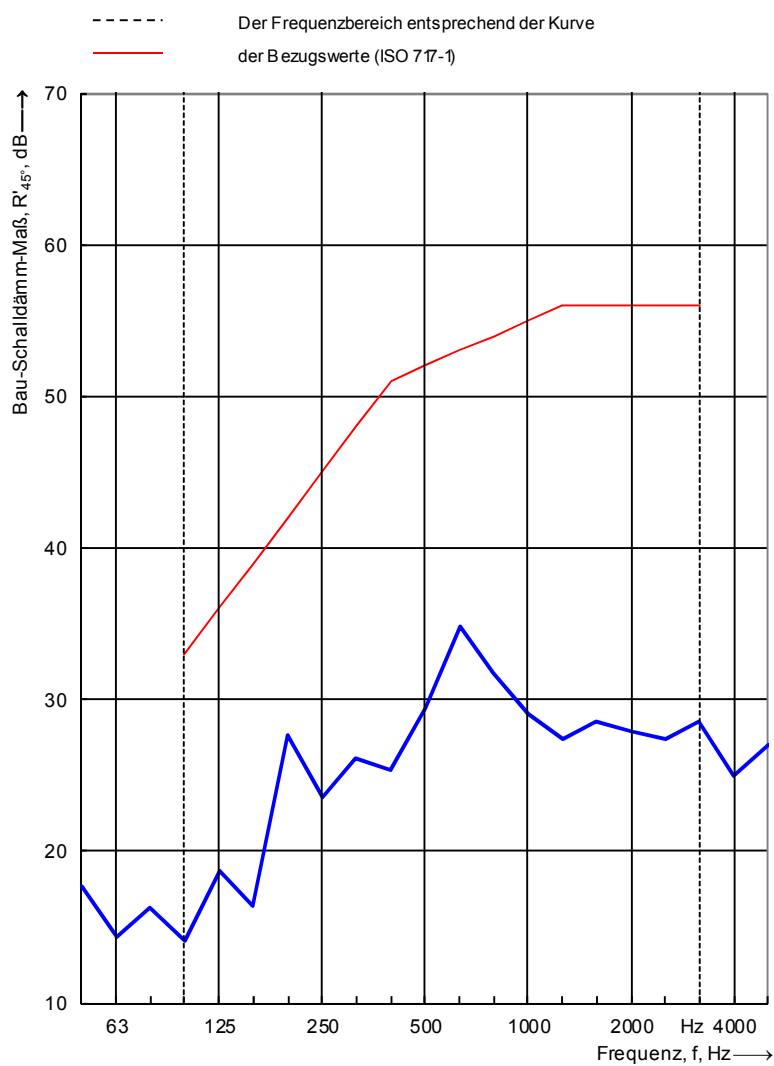
Auftraggeber: Dr. Bleichschmidt & Reinhold GmbH, Auf der Katzenburg 1, 99759 Großlohra Prüfdatum: 23.11.2011

Aufbau: Zustand 3 (Normalbetrieb Zuluft-Kastenfenster) ohne Randbedämpfung, Regelstufe 12 (Blower-Door-Ventilator)

Objekt: Prüfobjekt im Empfangsraum (EG) im Einfamilienhaus

Fläche S des Trennbauteils: 144 m²
 Volumen des Senderraumes: m³
 Volumen des Empfangsraumes: 19,1 m³

Frequenz f [Hz]	R' _{45°} Terz [dB]
50	17,7
63	14,3
80	16,3
100	14,1
125	18,7
160	16,4
200	27,6
250	23,5
315	26,1
400	25,3
500	29,4
630	34,8
800	31,7
1000	29,1
1250	27,4
1600	28,5
2000	27,9
2500	27,4
3150	28,6
4000	25,0
5000	27,0



Bewertung nach ISO 717-1

 $R'_{45^\circ, w}(C; C_{tr}) = 29,1$ (-14 ; -2,8) dB

Die Ermittlung basiert auf Gebäude-Messungen, die in Terzbändern gewonnen wurden.

 $C_{50-3150} = -14$ dB $C_{50-5000} = -1,8$ dB $C_{100-5000} = -1,8$ dB $C_{tr, 50-3150} = -3,5$ dB $C_{tr, 50-5000} = -3,7$ dB $C_{tr, 100-5000} = -3,0$ dB

(Tabelle 6.12, Nr. 1)

Bau-Schalldämm-Maß nach ISO140-5

Messung der Luftschalldämmung von Fassadenelementen und Fassaden

Auftraggeber: Dr. Blechschmidt & Reinhold GmbH, Auf der Katzenburg 1, 99759 Großlohra

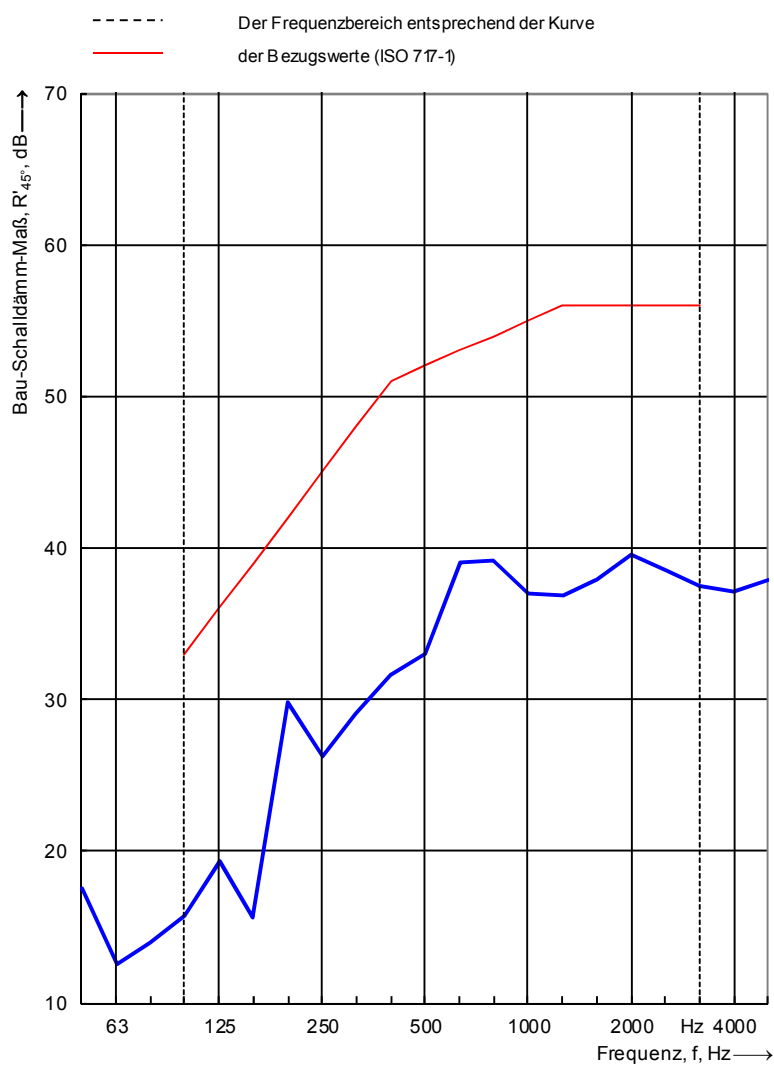
Prüfdatum: 19.11.2011

Aufbau: Zustand 3 (Normalbetrieb Zuluft-Kastenfenster) mit Randbedämpfung (Dicke 15 cm) an beiden Seiten, oben und unten im Kasten, Regelstufe 1 (Blower-Door-Ventilator)

Objekt: Prüfobjekt im Empfangsraum (EG) des Einfamilienhauses

Fläche S des Trennbauteils: 144 m²
 Volumen des Senderraumes: m³
 Volumen des Empfangsraumes: 19,1 m³

Frequenz f [Hz]	R' _{45°} Terz [dB]
50	17,5
63	12,6
80	14,0
100	15,7
125	19,3
160	15,6
200	29,8
250	26,3
315	29,0
400	31,6
500	33,0
630	39,1
800	39,2
1000	37,0
1250	36,9
1600	37,9
2000	39,6
2500	38,5
3150	37,5
4000	37,1
5000	37,9



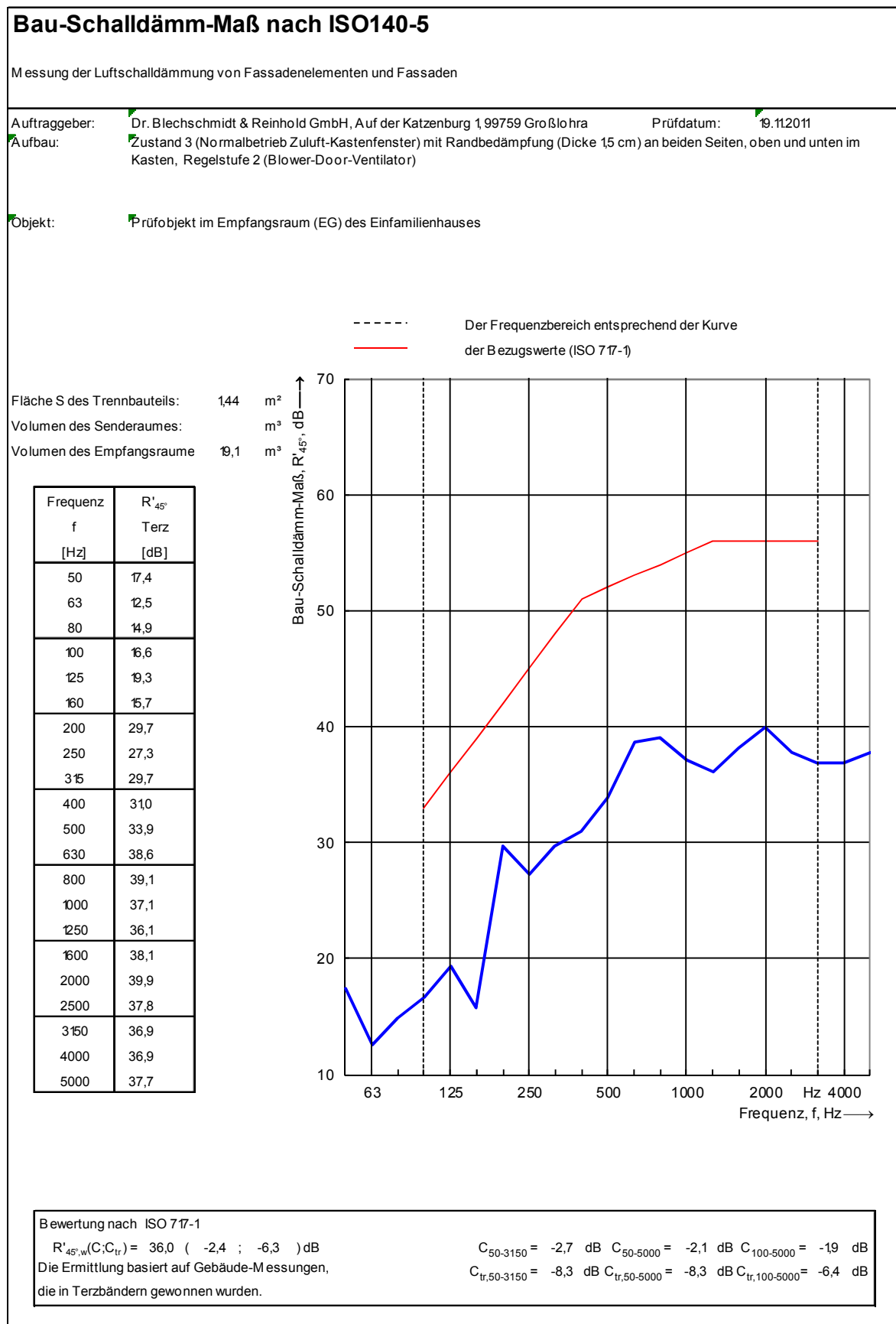
Bewertung nach ISO 717-1

R'_{45°,w}(C;C_{tr}) = 35,9 (-2,4 ; -6,5) dB

Die Ermittlung basiert auf Gebäude-Messungen,
 die in Terzbändern gewonnen wurden.

C₅₀₋₃₁₅₀ = -2,8 dB C₅₀₋₅₀₀₀ = -2,1 dB C₁₀₀₋₅₀₀₀ = -1,8 dBC_{tr,50-3150} = -8,5 dB C_{tr,50-5000} = -8,5 dB C_{tr,100-5000} = -6,6 dB

(Tabelle 6.12, Nr. 2)



(Tabelle 6.12, Nr. 3)

Bau-Schalldämm-Maß nach ISO140-5

Messung der Luftschalldämmung von Fassadenelementen und Fassaden

Auftraggeber: Dr. Bleichschmidt & Reinhold GmbH, Auf der Katzenburg 1, 99759 Großlohra

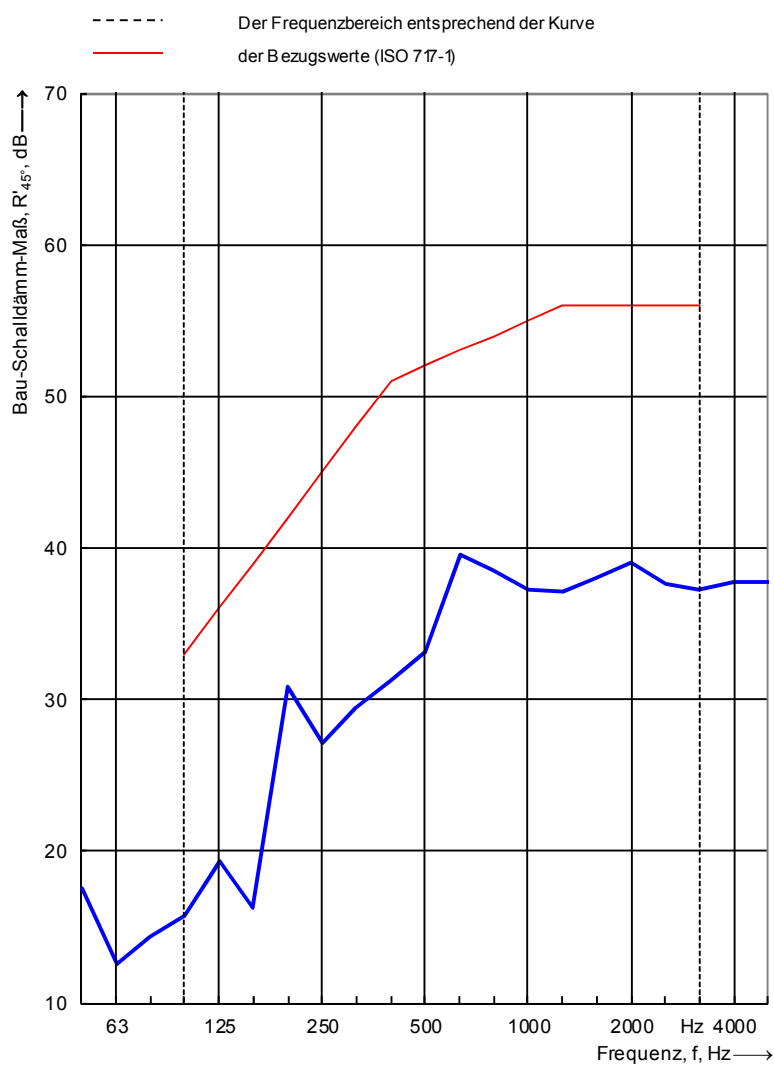
Prüfdatum: 19.11.2011

Aufbau: Zustand 3 (Normalbetrieb Zuluft-Kastenfenster) mit Randbedämpfung (Dicke 15 cm) an beiden Seiten, oben und unten im Kasten, Regelstufe 3 (Blower-Door-Ventilator)

Objekt: Prüfobjekt im Empfangsraum (EG) des Einfamilienhauses

Fläche S des Trennbauteils: 144 m²
 Volumen des Senderraumes: m³
 Volumen des Empfangsraumes: 19,1 m³

Frequenz f [Hz]	R' _{45°} Terz [dB]
50	17,6
63	12,5
80	14,4
100	15,8
125	19,4
160	16,3
200	30,9
250	27,1
315	29,4
400	31,2
500	33,2
630	39,6
800	38,5
1000	37,3
1250	37,1
1600	38,0
2000	39,1
2500	37,6
3150	37,2
4000	37,8
5000	37,7



Bewertung nach ISO 717-1

 $R'_{45^\circ, w}(C; C_{tr}) = 35,9 \text{ (-2,2 ; -6,2) dB}$

Die Ermittlung basiert auf Gebäude-Messungen,
 die in Terzbändern gewonnen wurden.

 $C_{50-3150} = -2,5 \text{ dB } C_{50-5000} = -1,9 \text{ dB } C_{100-5000} = -1,6 \text{ dB}$ $C_{tr, 50-3150} = -8,2 \text{ dB } C_{tr, 50-5000} = -8,2 \text{ dB } C_{tr, 100-5000} = -6,2 \text{ dB}$

(Tabelle 6.12, Nr. 4)

Bau-Schalldämm-Maß nach ISO140-5

Messung der Luftschalldämmung von Fassadenelementen und Fassaden

Auftraggeber: Dr. Blechschmidt & Reinhold GmbH, Auf der Katzenburg 1, 99759 Großlohra

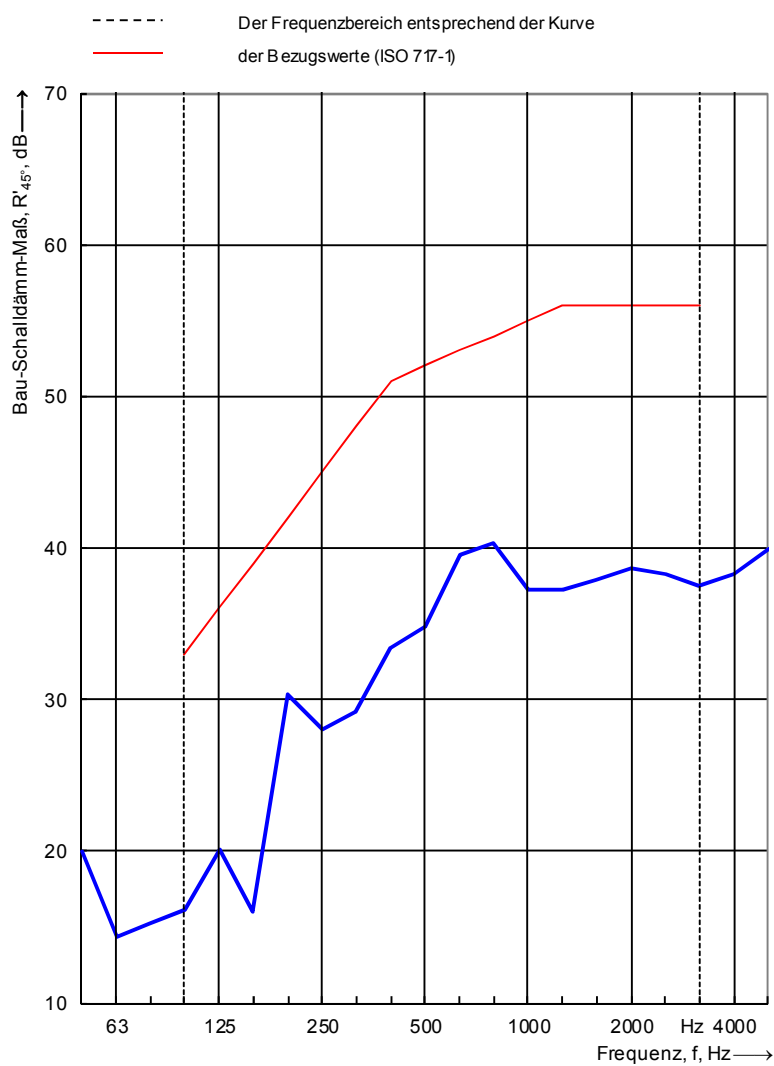
Prüfdatum: 19.11.2011

Aufbau: Zustand 3 (Normalbetrieb Zuluft-Kastenfenster) mit Randbedämpfung (Dicke 15 cm) an beiden Seiten, oben und unten im Kasten, Regelstufe 4 (Blower-Door-Ventilator)

Objekt: Prüfobjekt im Empfangsraum (EG) des Einfamilienhauses

Fläche S des Trennbauteils: 144 m²
 Volumen des Senderraumes: m³
 Volumen des Empfangsraumes: 19,1 m³

Frequenz f [Hz]	R' _{45°} Terz [dB]
50	20,0
63	14,4
80	15,2
100	16,2
125	20,1
160	16,0
200	30,3
250	28,0
315	29,2
400	33,4
500	34,8
630	39,6
800	40,3
1000	37,2
1250	37,2
1600	37,9
2000	38,7
2500	38,3
3150	37,5
4000	38,3
5000	40,0



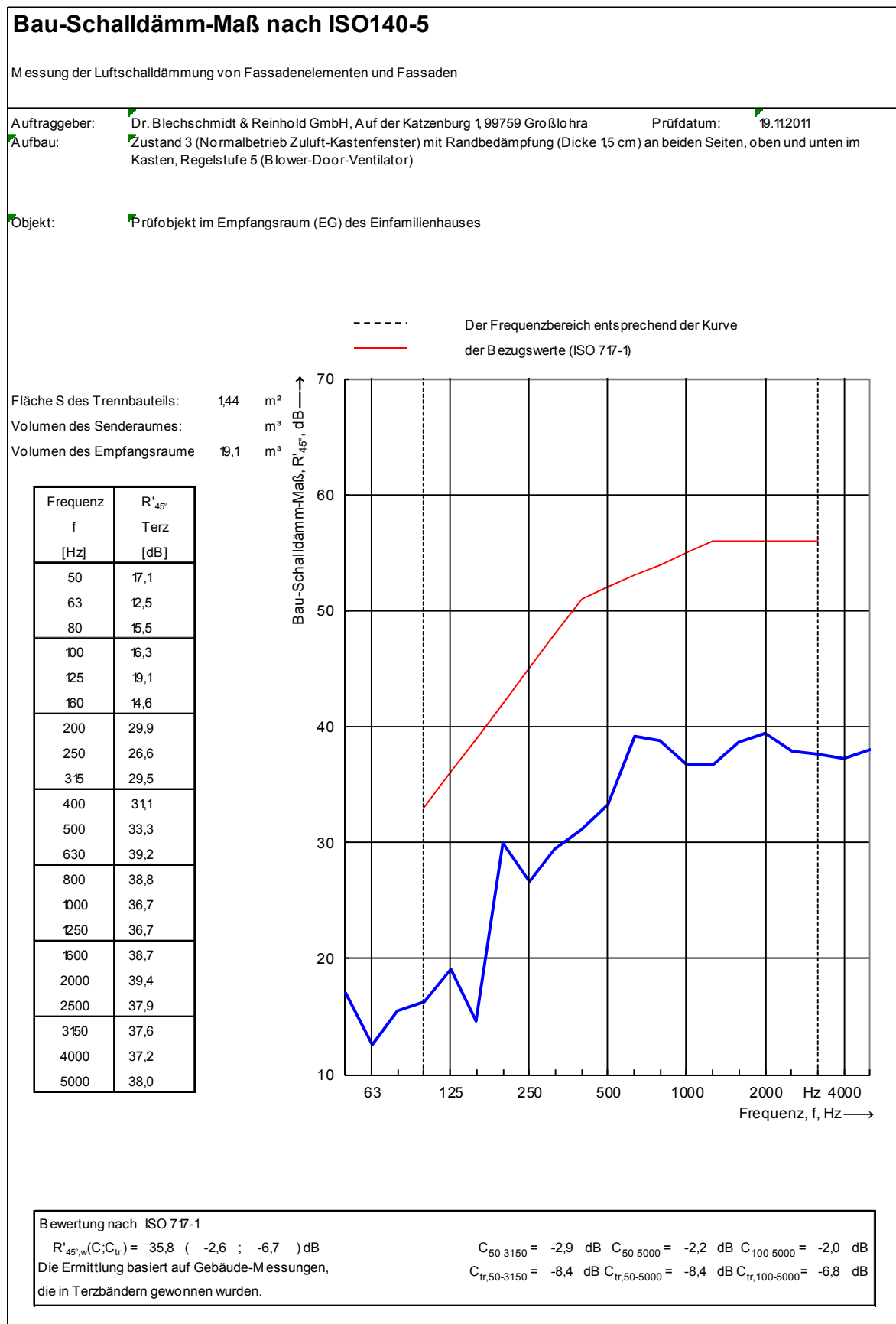
Bewertung nach ISO 717-1

 $R'_{45,w}(C;C_{tr}) = 36,4 \text{ (-2,4 ; -6,5) dB}$

Die Ermittlung basiert auf Gebäude-Messungen,
 die in Terzbändern gewonnen wurden.

 $C_{50-3150} = -2,7 \text{ dB}$ $C_{50-5000} = -2,0 \text{ dB}$ $C_{100-5000} = -1,7 \text{ dB}$ $C_{tr,50-3150} = -8,1 \text{ dB}$ $C_{tr,50-5000} = -8,1 \text{ dB}$ $C_{tr,100-5000} = -6,5 \text{ dB}$

(Tabelle 6.12, Nr. 5)



(Tabelle 6.12, Nr. 6)

Bau-Schalldämm-Maß nach ISO140-5

Messung der Luftschalldämmung von Fassadenelementen und Fassaden

Auftraggeber: Dr. Blechschmidt & Reinhold GmbH, Auf der Katzenburg 1, 99759 Großlohra

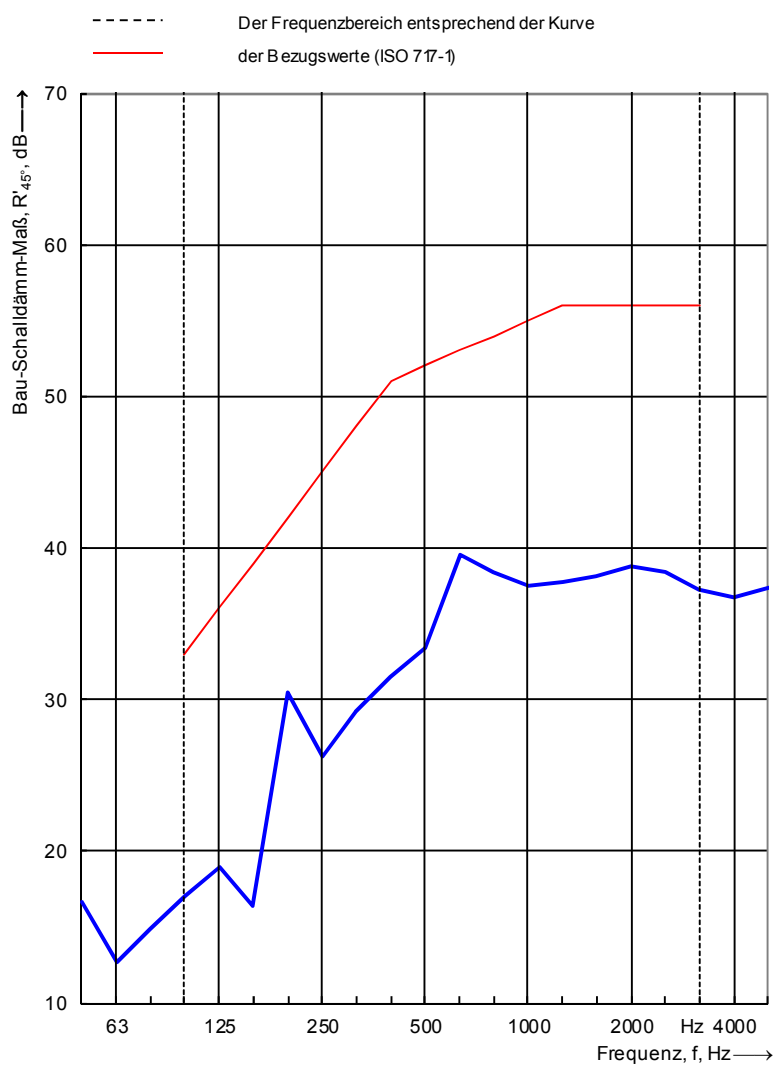
Prüfdatum: 20.11.2011

Aufbau: Zustand 3 (Normalbetrieb Zuluft-Kastenfenster) mit Randbedämpfung (Dicke 15 cm) an beiden Seiten, oben und unten im Kasten, Regelstufe 6 (Blower-Door-Ventilator)

Objekt: Prüfobjekt im Empfangsraum (EG) des Einfamilienhauses

Fläche S des Trennbauteils: 144 m²
 Volumen des Senderraumes: m³
 Volumen des Empfangsraumes: 19,1 m³

Frequenz f [Hz]	R' _{45°} Terz [dB]
50	16,6
63	12,7
80	14,9
100	17,0
125	19,0
160	16,4
200	30,5
250	26,3
315	29,2
400	31,5
500	33,4
630	39,6
800	38,4
1000	37,5
1250	37,7
1600	38,1
2000	38,8
2500	38,4
3150	37,3
4000	36,7
5000	37,4



Bewertung nach ISO 717-1

 $R'_{45^\circ, w}(C; C_{tr}) = 36,1$ (-2,3 ; -6,2) dB

Die Ermittlung basiert auf Gebäude-Messungen,
 die in Terzbändern gewonnen wurden.

 $C_{50-3150} = -2,6$ dB $C_{50-5000} = -2,0$ dB $C_{100-5000} = -1,8$ dB $C_{tr, 50-3150} = -8,2$ dB $C_{tr, 50-5000} = -8,2$ dB $C_{tr, 100-5000} = -6,2$ dB

(Tabelle 6.12, Nr. 7)

Bau-Schalldämm-Maß nach ISO140-5

Messung der Luftschalldämmung von Fassadenelementen und Fassaden

Auftraggeber: Dr. Blechschmidt & Reinhold GmbH, Auf der Katzenburg 1, 99759 Großlohra

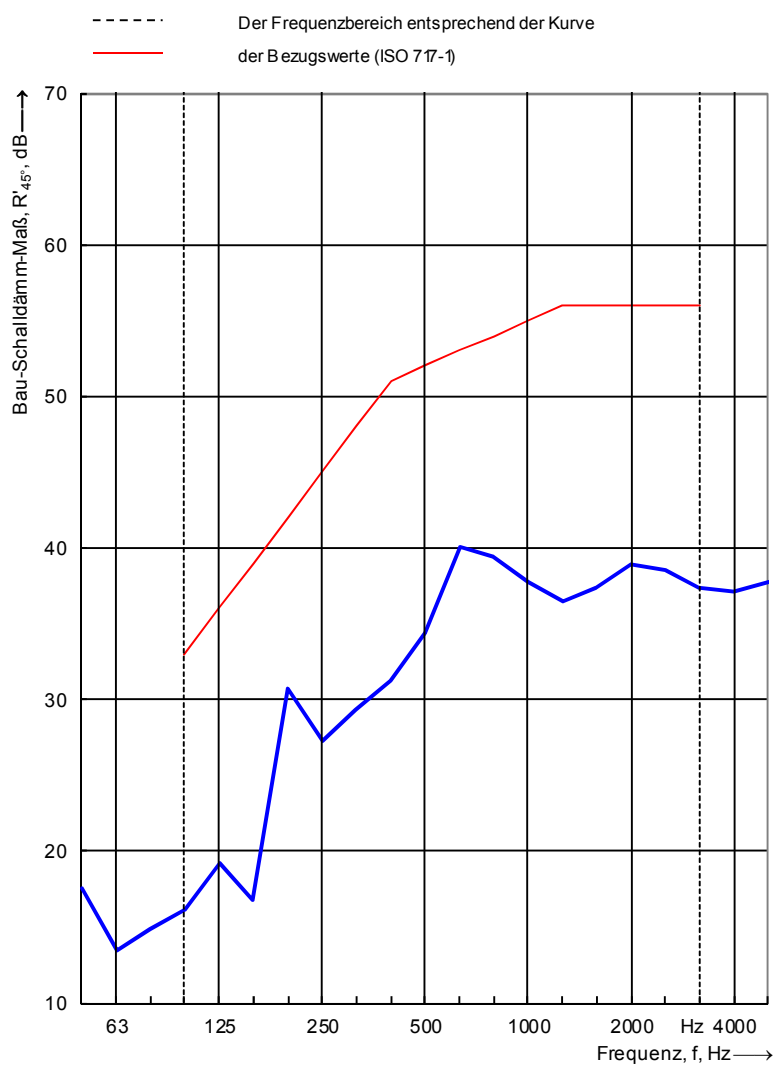
Prüfdatum: 20.11.2011

Aufbau: Zustand 3 (Normalbetrieb Zuluft-Kastenfenster) mit Randbedämpfung (Dicke 15 cm) an beiden Seiten, oben und unten im Kasten, Regelstufe 7 (Blower-Door-Ventilator)

Objekt: Prüfobjekt im Empfangsraum (EG) des Einfamilienhauses

Fläche S des Trennbauteils: 144 m²
 Volumen des Senderraumes: m³
 Volumen des Empfangsraumes: 19,1 m³

Frequenz f [Hz]	R' _{45°} Terz [dB]
50	17,5
63	13,4
80	14,8
100	16,1
125	19,2
160	16,8
200	30,7
250	27,3
315	29,3
400	31,3
500	34,4
630	40,1
800	39,4
1000	37,7
1250	36,5
1600	37,4
2000	38,9
2500	38,5
3150	37,4
4000	37,1
5000	37,7



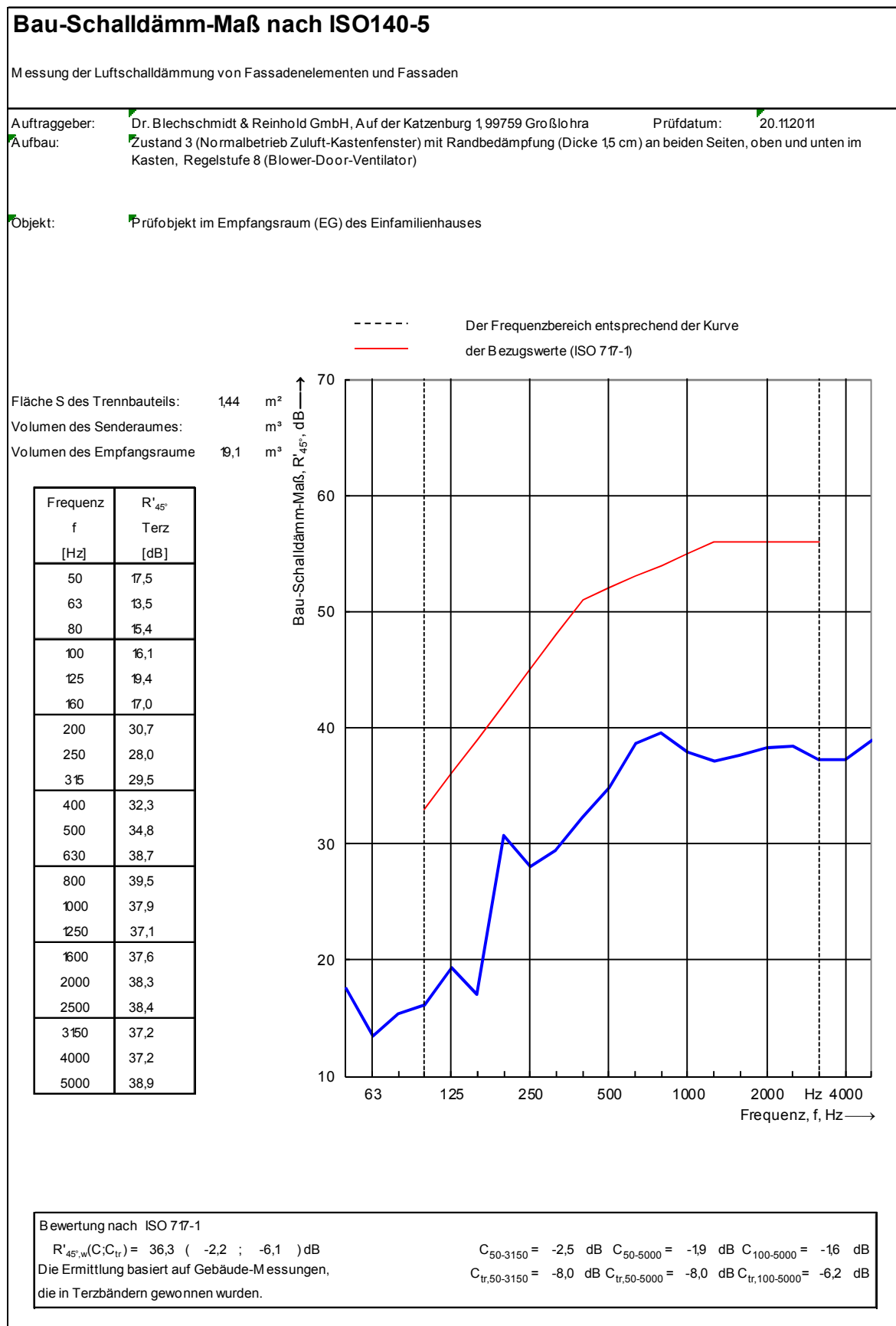
Bewertung nach ISO 717-1

 $R'_{45,w}(C;C_{tr}) = 36,1$ (-2,1 ; -6,1) dB

Die Ermittlung basiert auf Gebäude-Messungen,
 die in Terzbändern gewonnen wurden.

 $C_{50-3150} = -2,4$ dB $C_{50-5000} = -1,9$ dB $C_{100-5000} = -1,6$ dB $C_{tr,50-3150} = -8,0$ dB $C_{tr,50-5000} = -8,0$ dB $C_{tr,100-5000} = -6,1$ dB

(Tabelle 6.12, Nr. 8)



Bau-Schalldämm-Maß nach ISO140-5

Messung der Luftschalldämmung von Fassadenelementen und Fassaden

Auftraggeber: Dr. Blechschmidt & Reinhold GmbH, Auf der Katzenburg 1, 99759 Großlohra Prüfdatum: 20.11.2011

Aufbau: Zustand 3 (Normalbetrieb Zuluft-Kastenfenster) mit Randbedämpfung (Dicke 15 cm) an beiden Seiten, oben und unten im Kasten, Regelstufe 9 (Blower-Door-Ventilator)

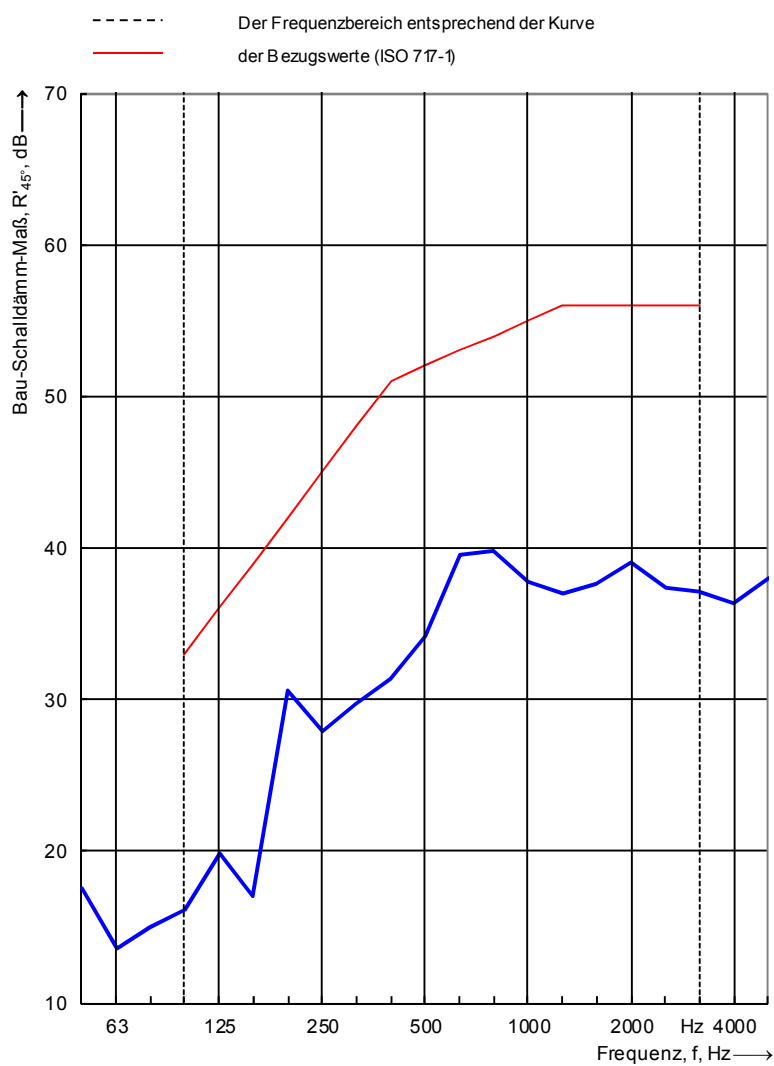
Objekt: Prüfobjekt im Empfangsraum (EG) des Einfamilienhauses

Fläche S des Trennbauteils: 144 m²

Volumen des Senderraumes: m³

Volumen des Empfangsraumes: 19,1 m³

Frequenz f [Hz]	R' _{45°} Terz [dB]
50	17,5
63	13,6
80	15,0
100	16,1
125	19,8
160	17,0
200	30,6
250	27,9
315	29,7
400	31,4
500	34,2
630	39,5
800	39,8
1000	37,8
1250	37,0
1600	37,6
2000	39,0
2500	37,4
3150	37,1
4000	36,3
5000	38,0



Bewertung nach ISO 717-1

 $R'_{45^\circ, w}(C; C_{tr}) = 36,2$ (-2,1 ; -6,0) dB

Die Ermittlung basiert auf Gebäude-Messungen,
die in Terzbändern gewonnen wurden.

 $C_{50-3150} = -2,4$ dB $C_{50-5000} = -1,9$ dB $C_{100-5000} = -1,6$ dB $C_{tr, 50-3150} = -7,9$ dB $C_{tr, 50-5000} = -7,9$ dB $C_{tr, 100-5000} = -6,1$ dB

Bau-Schalldämm-Maß nach ISO140-5

Messung der Luftschalldämmung von Fassadenelementen und Fassaden

Auftraggeber: Dr. Bleichschmidt & Reinhold GmbH, Auf der Katzenburg 1, 99759 Großlohra Prüfdatum: 20.11.2011

Aufbau: Zustand 3 (Normalbetrieb Zuluft-Kastenfenster) mit Randbedämpfung (Dicke 15 cm) an beiden Seiten, oben und unten im Kasten, Regelstufe 10 (Blower-Door-Ventilator)

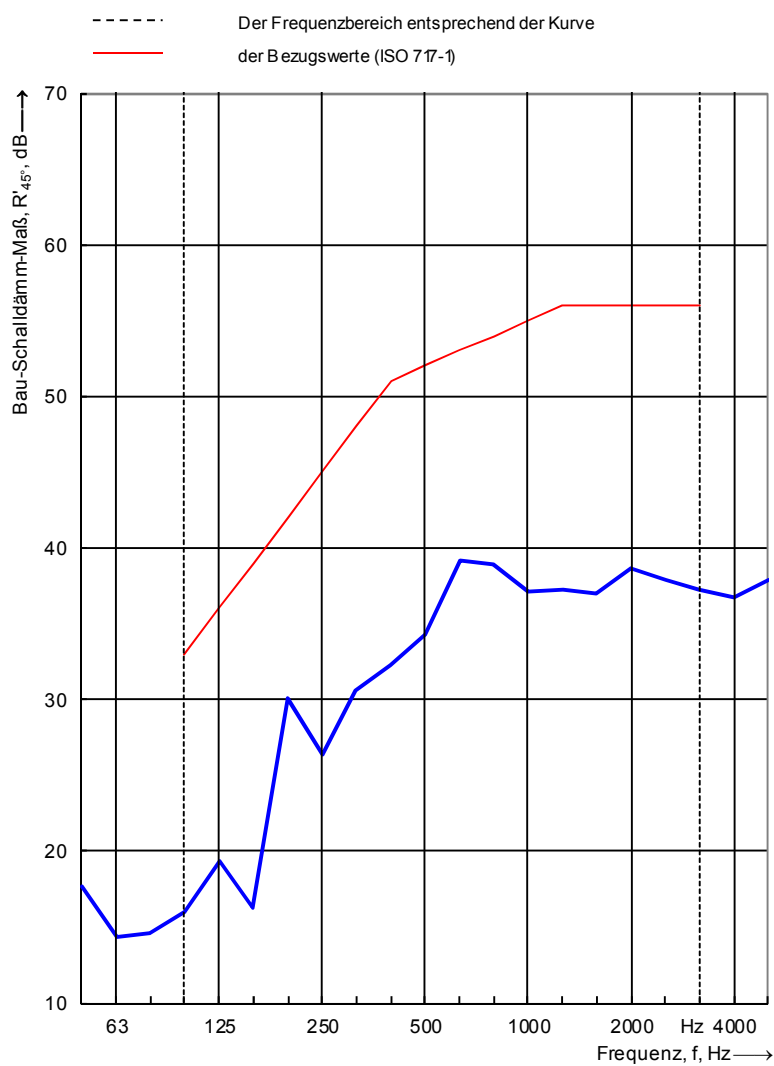
Objekt: Prüfobjekt im Empfangsraum (EG) des Einfamilienhauses

Fläche S des Trennbauteils: 144 m²

Volumen des Senderraumes: m³

Volumen des Empfangsraumes: 19,1 m³

Frequenz f [Hz]	R' _{45°} Terz [dB]
50	17,7
63	14,3
80	14,6
100	16,0
125	19,3
160	16,3
200	30,1
250	26,4
315	30,6
400	32,3
500	34,3
630	39,2
800	38,9
1000	37,1
1250	37,2
1600	37,0
2000	38,6
2500	37,9
3150	37,3
4000	36,8
5000	37,9



Bewertung nach ISO 717-1

 $R'_{45^\circ, w}(C; C_{tr}) = 36,1 \text{ (-2,3 ; -6,3) dB}$

Die Ermittlung basiert auf Gebäude-Messungen, die in Terzbändern gewonnen wurden.

 $C_{50-3150} = -2,6 \text{ dB}$ $C_{50-5000} = -2,0 \text{ dB}$ $C_{100-5000} = -1,8 \text{ dB}$ $C_{tr, 50-3150} = -8,0 \text{ dB}$ $C_{tr, 50-5000} = -8,1 \text{ dB}$ $C_{tr, 100-5000} = -6,3 \text{ dB}$

Bau-Schalldämm-Maß nach ISO140-5

Messung der Luftschalldämmung von Fassadenelementen und Fassaden

Auftraggeber: Dr. Bleichschmidt & Reinhold GmbH, Auf der Katzenburg 1, 99759 Großlohra

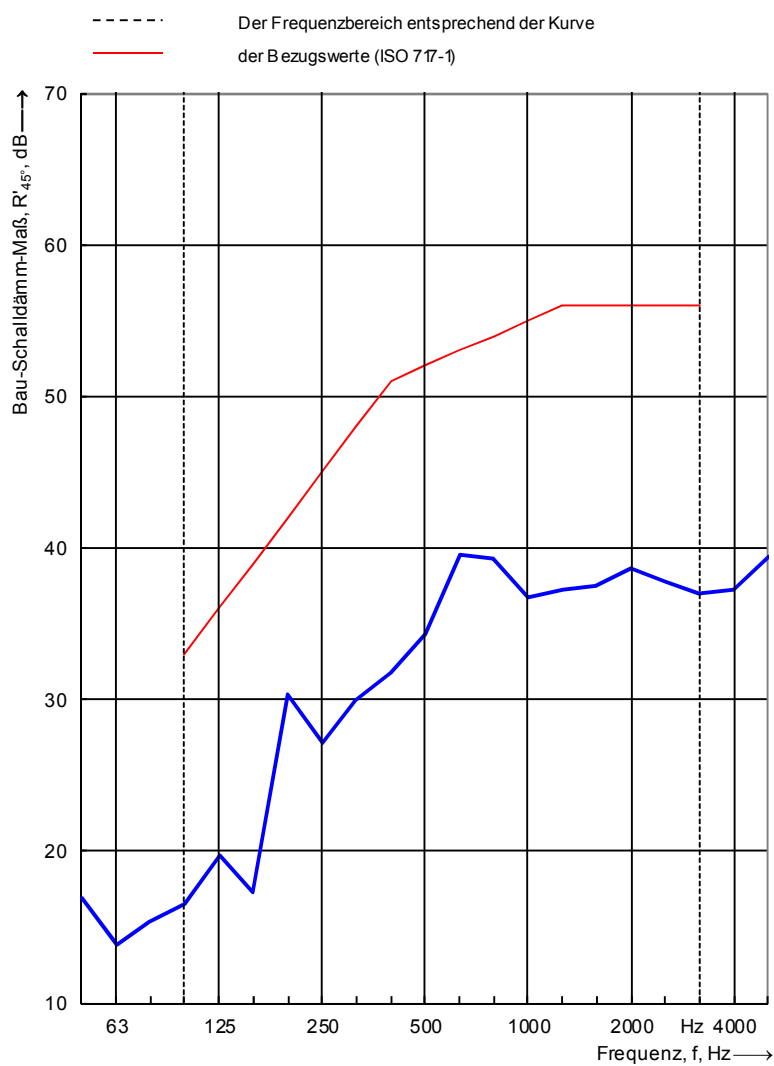
Prüfdatum: 20.11.2011

Aufbau: Zustand 3 (Normalbetrieb Zuluft-Kastenfenster) mit Randbedämpfung (Dicke 15 cm) an beiden Seiten, oben und unten im Kasten, Regelstufe 11 (Blower-Door-Ventilator)

Objekt: Prüfobjekt im Empfangsraum (EG) des Einfamilienhauses

Fläche S des Trennbauteils: 144 m²
 Volumen des Senderraumes: m³
 Volumen des Empfangsraumes: 19,1 m³

Frequenz f [Hz]	R' _{45°} Terz [dB]
50	16,9
63	13,9
80	15,4
100	16,5
125	19,7
160	17,3
200	30,4
250	27,1
315	30,0
400	31,7
500	34,3
630	39,6
800	39,3
1000	36,8
1250	37,2
1600	37,5
2000	38,7
2500	37,8
3150	37,0
4000	37,2
5000	39,4



Bewertung nach ISO 717-1

 $R'_{45^\circ, w}(C; C_{tr}) = 36,2$ (-2,1 ; -5,9) dB

Die Ermittlung basiert auf Gebäude-Messungen,
 die in Terzbändern gewonnen wurden.

 $C_{50-3150} = -2,4$ dB $C_{50-5000} = -1,7$ dB $C_{100-5000} = -1,5$ dB $C_{tr, 50-3150} = -7,8$ dB $C_{tr, 50-5000} = -7,8$ dB $C_{tr, 100-5000} = -5,9$ dB

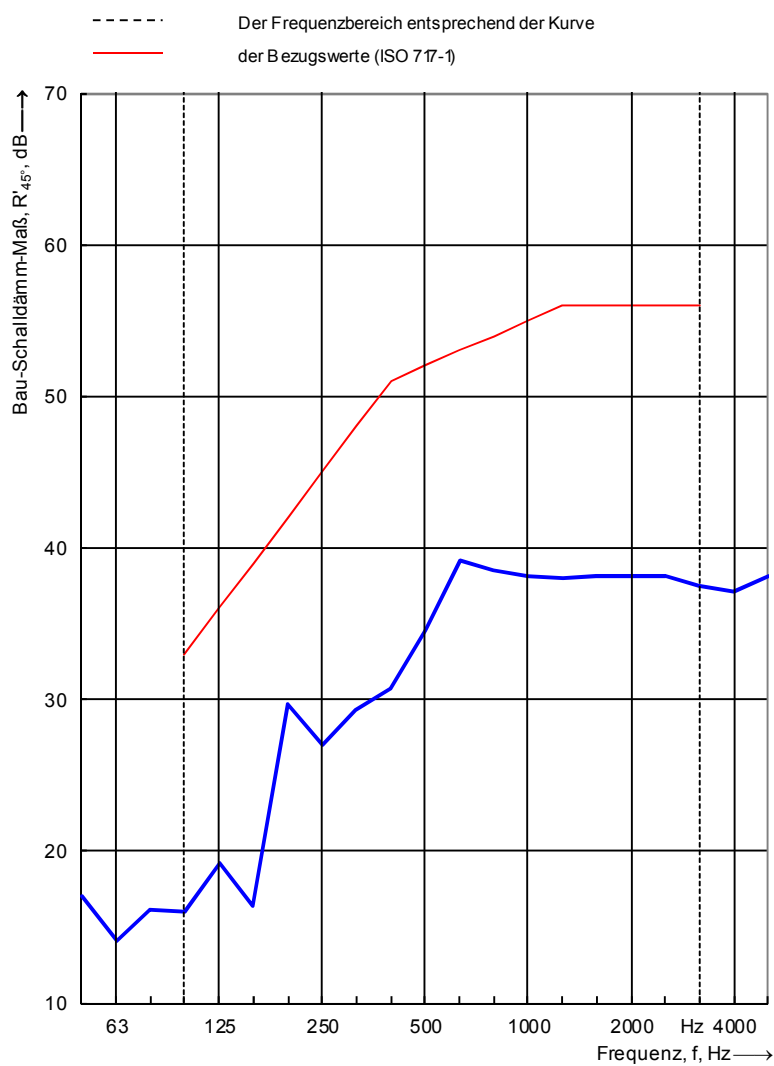
Bau-Schalldämm-Maß nach ISO140-5

Messung der Luftschalldämmung von Fassadenelementen und Fassaden

Auftraggeber: Dr. Bleichschmidt & Reinhold GmbH, Auf der Katzenburg 1, 99759 Großlohra Prüfdatum: 20.11.2011
 Aufbau: Zustand 3 (Normalbetrieb Zuluft-Kastenfenster) mit Randbedämpfung (Dicke 15 cm) an beiden Seiten, oben und unten im Kasten, Regelstufe 12 (Blower-Door-Ventilator)
 Objekt: Prüfobjekt im Empfangsraum (EG) des Einfamilienhauses in Großlohra

Fläche S des Trennbauteils: 144 m²
 Volumen des Senderraumes: m³
 Volumen des Empfangsraumes: 19,1 m³

Frequenz f [Hz]	R' _{45°} Terz [dB]
50	17,0
63	14,1
80	16,2
100	16,0
125	19,2
160	16,4
200	29,7
250	27,0
315	29,3
400	30,7
500	34,5
630	39,2
800	38,5
1000	38,1
1250	38,0
1600	38,1
2000	38,1
2500	38,1
3150	37,5
4000	37,1
5000	38,2



Bewertung nach ISO 717-1

 $R'_{45,w}(C;C_{tr}) = 36,1$ (-2,3 ; -6,3) dB

Die Ermittlung basiert auf Gebäude-Messungen, die in Terzbändern gewonnen wurden.

 $C_{50-3150} = -2,5$ dB $C_{50-5000} = -1,9$ dB $C_{100-5000} = -1,7$ dB $C_{tr,50-3150} = -7,9$ dB $C_{tr,50-5000} = -7,9$ dB $C_{tr,100-5000} = -6,3$ dB

Anlagen, Teil 6: Luftdurchsätze

Zustand 1

Außenfenster allein, Lüftungsöffnung auf;
mit Absorptionsschalldämpfer am äußeren Lüftungselement und mit Randbedämpfung (Dicke 1,5 cm) unten im Kasten
(Tabelle 6.7, Nr. 1)

Abluftanlage: Schalterstellung 5

Messdatum: 02.12.2011

Messzeit: 15:24:21 bis 15:39:11

Geschwindigkeit: 1,98 m/s (arithmetischer Mittelwert)

Luftwechselrate: 4,8 h⁻¹

Volumenstrom: 92,0 m³/h

Tabelle: 90 Einzelgeschwindigkeitswerte während der Messdauer

m/s	+ 1	+ 2	+ 3	+ 4	+ 5
0	2,60	2,00	2,53	2,78	3,04
5	2,62	1,56	2,08	2,29	1,53
10	1,68	2,02	2,03	1,93	1,36
15	1,69	1,45	0,42	2,07	1,35
20	1,92	1,10	1,72	1,74	1,83
25	2,32	2,14	1,33	0,93	1,16
30	2,00	1,14	2,18	1,83	2,01
35	2,29	1,51	1,84	2,14	1,84
40	1,22	2,37	1,92	2,30	2,62
45	1,97	1,86	2,28	1,91	2,39
50	2,19	2,03	2,42	2,47	2,80
55	1,74	2,49	1,84	3,03	2,49
60	2,25	1,95	2,40	1,70	2,01
65	2,29	2,60	2,50	2,12	0,28
70	2,06	2,02	1,58	1,62	1,67
75	2,75	1,73	1,60	2,01	2,18
80	2,04	2,07	2,44	2,44	1,98
85	1,84	2,36	1,76	2,63	1,41

Zustand 3

Normalbetrieb Zuluft-Kastenfenster;

mit Absorptionsschalldämpfer am äußeren Lüftungselement und mit Randbedämpfung (Dicke 1,5 cm) unten im Kasten

(Tabelle 6.7, Nr. 2)

Abluftanlage: Schalterstellung 5

Messdatum: 02.12.2011

Messzeit: 11:43:17 bis 11:58:07

Geschwindigkeit: 0,57 m/s (arithmetischer Mittelwert)

Luftwechselrate: 1,4 h⁻¹

Volumenstrom: 26,5 m³/h

Tabelle: 90 Einzelgeschwindigkeitswerte während der Messdauer

m/s	+ 1	+ 2	+ 3	+ 4	+ 5
0	0,72	0,65	0,56	0,36	0,03
5	0,21	0,06	0,45	0,84	0,62
10	1,05	0,52	0,51	0,15	0,50
15	0,33	0,64	0,63	0,36	0,41
20	0,89	0,88	0,68	0,72	0,02
25	0,20	0,22	1,06	0,67	0,96
30	0,92	0,50	0,19	0,53	0,71
35	0,75	0,57	0,93	0,52	0,08
40	0,91	1,21	1,16	0,53	0,36
45	0,31	0,23	0,66	0,07	0,36
50	0,16	0,31	0,43	0,17	0,31
55	0,52	1,20	0,48	0,58	0,39
60	0,43	0,46	0,62	0,57	1,52
65	0,08	1,34	0,53	0,68	0,60
70	0,85	0,56	0,91	0,35	0,33
75	1,07	0,15	0,82	1,00	1,17
80	0,57	1,19	0,43	0,11	1,49
85	0,17	0,00	0,60	0,26	0,61

Zustand 3
 Normalbetrieb Zuluft-Kastenfenster;
 mit Absorptionsschalldämpfer am inneren Lüftungselement
 (Tabelle 6.7, Nr. 3)

Abluftanlage: Schalterstellung 5

Messdatum: 02.12.2011

Messzeit: 16:30:48 bis 16:45:38

Geschwindigkeit: 0,68 m/s (arithmetischer Mittelwert)

Luftwechselrate: 1,7 h⁻¹

Volumenstrom: 31,6 m³/h

Tabelle: 90 Einzelgeschwindigkeitswerte während der Messdauer

m/s	+ 1	+ 2	+ 3	+ 4	+ 5
0	0,57	0,20	0,76	0,81	0,55
5	0,41	1,01	0,46	1,14	0,93
10	1,00	0,54	1,64	0,88	0,74
15	0,74	0,76	0,67	0,97	0,94
20	0,79	0,66	0,62	1,29	1,24
25	0,76	0,89	0,69	0,80	0,70
30	0,48	0,54	0,46	0,66	0,51
35	0,27	0,67	0,76	0,74	0,85
40	0,63	0,90	0,59	0,75	0,72
45	0,72	0,55	0,58	0,76	0,50
50	0,61	0,55	0,54	0,59	0,49
55	0,63	0,58	0,71	0,63	0,70
60	0,56	0,91	0,63	0,69	0,55
65	0,76	0,87	0,84	0,77	0,72
70	0,46	0,69	0,72	0,76	0,61
75	0,53	0,65	0,64	0,52	0,65
80	0,33	0,67	0,55	0,16	0,67
85	0,52	0,13	0,60	0,72	0,70

Zustand 3

Normalbetrieb Zuluft-Kastenfenster;

mit Absorptionsschalldämpfer am inneren Lüftungselement und komplette Innenfenster abgedichtet
(Tabelle 6.7, Nr. 4)

Abluftanlage: Schalterstellung 5

Messdatum: 03.12.2011

Messzeit: 10:55:22 bis 11:10:12

Geschwindigkeit: 0,64 m/s (arithmetischer Mittelwert)

Luftwechselrate: 1,6 h⁻¹

Volumenstrom: 29,7 m³/h

Tabelle: 90 Einzelgeschwindigkeitswerte während der Messdauer

m/s	+ 1	+ 2	+ 3	+ 4	+ 5
0	0,65	0,74	0,41	0,33	0,17
5	0,19	0,53	0,25	0,49	0,54
10	1,37	1,62	0,34	0,43	0,04
15	0,03	0,26	0,49	0,21	0,15
20	0,22	0,26	0,43	1,45	0,35
25	0,39	0,38	1,15	0,45	0,14
30	0,28	0,66	0,74	0,22	0,62
35	0,48	2,23	1,43	1,19	0,63
40	1,05	0,30	2,75	1,78	0,83
45	0,06	0,07	0,33	0,05	0,51
50	0,24	1,15	0,52	0,52	0,66
55	1,09	0,10	0,78	0,29	0,97
60	0,18	0,48	0,71	0,36	0,70
65	0,60	0,25	0,51	0,60	0,18
70	0,89	0,69	1,57	0,38	0,50
75	0,45	0,77	0,82	0,63	1,35
80	1,31	0,42	0,53	0,24	0,51
85	0,74	1,03	0,61	0,25	1,97

Zustand 3

Normalbetrieb Zuluft-Kastenfenster;
mit Absorptionsschalldämpfer am äußeren und inneren Lüftungselement und mit Randbedämpfung
(Dicke 1,5 cm) unten im Kasten
(Tabelle 6.7, Nr. 5)

Abluftanlage: Schalterstellung 5

Messdatum: 02.12.2011

Messzeit: 16:01:16 bis 16:16:06

Geschwindigkeit: 0,64 m/s (arithmetischer Mittelwert)

Luftwechselrate: 1,6 h⁻¹

Volumenstrom: 29,7 m³/h

Tabelle: 90 Einzelgeschwindigkeitswerte während der Messdauer

m/s	+ 1	+ 2	+ 3	+ 4	+ 5
0	0,88	0,92	0,60	0,64	0,66
5	0,77	0,72	1,02	0,86	0,88
10	0,75	0,81	0,72	0,66	0,45
15	0,23	0,58	0,36	0,31	0,57
20	0,26	0,67	0,52	0,56	0,47
25	0,48	0,54	0,64	0,67	0,87
30	0,85	0,51	0,55	0,77	0,61
35	0,84	0,67	0,61	0,85	0,69
40	1,03	0,99	1,02	0,68	0,87
45	0,92	0,44	0,62	0,53	0,89
50	0,63	0,73	0,56	0,62	0,99
55	0,57	0,57	0,53	0,46	0,47
60	0,63	0,67	0,60	0,67	0,49
65	0,46	0,65	0,51	0,52	1,32
70	0,42	0,64	0,59	0,63	0,46
75	0,57	0,69	0,40	0,25	0,35
80	0,49	0,67	0,75	0,66	0,53
85	0,64	0,59	0,50	0,32	0,47

Zustand 3
 Normalbetrieb Zuluft-Kastenfenster;
 ohne Randbedämpfung
 (Tabelle 6.9, Nr. 1)

Abluftanlage: Schalterstellung 1

Messdatum: 23.11.2011

Messzeit: 14:10:09 bis 14:24:59

Geschwindigkeit: 0,28 m/s (arithmetischer Mittelwert)

Luftwechselrate: 0,7 h⁻¹

Volumenstrom: 13,0 m³/h

Tabelle: 90 Einzelgeschwindigkeitswerte während der Messdauer

m/s	+ 1	+ 2	+ 3	+ 4	+ 5
0	0,33	0,28	0,29	0,29	0,28
5	0,27	0,25	0,29	0,28	0,26
10	0,25	0,25	0,25	0,25	0,27
15	0,26	0,26	0,27	0,26	0,24
20	0,30	0,32	0,32	0,32	0,34
25	0,31	0,51	0,28	0,25	0,29
30	0,27	0,26	0,24	0,27	0,26
35	0,27	0,28	0,31	0,27	0,18
40	0,33	0,28	0,27	0,26	0,30
45	0,20	0,27	0,28	0,24	0,25
50	0,25	0,28	0,27	0,27	0,31
55	0,28	0,25	0,25	0,28	0,28
60	0,28	0,24	0,26	0,26	0,26
65	0,23	0,22	0,30	0,23	0,61
70	0,31	0,16	0,26	0,26	0,28
75	0,27	0,24	0,26	0,28	0,24
80	0,33	0,32	0,31	0,32	0,33
85	0,30	0,32	0,32	0,31	0,32

Zustand 3
 Normalbetrieb Zuluft-Kastenfenster;
 ohne Randbedämpfung
 (Tabelle 6.9, Nr. 2)

Abluftanlage: Schalterstellung 3

Messdatum: 23.11.2011

Messzeit: 14:32:11 bis 14:47:01

Geschwindigkeit: 0,27 m/s (arithmetischer Mittelwert)

Luftwechselrate: 0,7 h⁻¹

Volumenstrom: 12,5 m³/h

Tabelle: 90 Einzelgeschwindigkeitswerte während der Messdauer

m/s	+ 1	+ 2	+ 3	+ 4	+ 5
0	0,31	0,32	0,24	0,26	0,26
5	0,26	0,23	0,26	0,23	0,26
10	0,25	0,24	0,26	0,25	0,25
15	0,27	0,26	0,28	0,26	0,29
20	0,25	0,28	0,25	0,27	0,34
25	0,31	0,28	0,28	0,27	0,23
30	0,27	0,31	0,22	0,25	0,24
35	0,25	0,26	0,26	0,19	0,25
40	0,27	0,26	0,36	0,26	0,25
45	0,25	0,21	0,24	0,27	0,22
50	0,24	0,24	0,26	0,25	0,26
55	0,25	0,35	0,29	0,29	0,25
60	0,23	0,28	0,26	0,24	0,25
65	0,25	0,28	0,28	0,30	0,25
70	0,27	0,35	0,29	0,27	0,28
75	0,25	0,24	0,26	0,24	0,27
80	0,24	0,26	0,26	0,26	0,34
85	0,33	0,28	0,26	0,29	0,27

Zustand 3
 Normalbetrieb Zuluft-Kastenfenster;
 ohne Randbedämpfung
 (Tabelle 6.9, Nr. 3)

Abluftanlage: Schalterstellung 5

Messdatum: 23.11.2011

Messzeit: 14:50:50 bis 15:05:40

Geschwindigkeit: 0,27 m/s (arithmetischer Mittelwert)

Luftwechselrate: 0,7 h⁻¹

Volumenstrom: 12,5 m³/h

Tabelle: 90 Einzelgeschwindigkeitswerte während der Messdauer

m/s	+ 1	+ 2	+ 3	+ 4	+ 5
0	0,33	0,25	0,31	0,29	0,30
5	0,15	0,27	0,28	0,28	0,32
10	0,28	0,30	0,27	0,24	0,28
15	0,33	0,36	0,28	0,27	0,33
20	0,27	0,25	0,24	0,23	0,24
25	0,24	0,26	0,24	0,27	0,27
30	0,32	0,59	0,26	0,25	0,24
35	0,36	0,28	0,27	0,25	0,28
40	0,25	0,25	0,25	0,27	0,24
45	0,22	0,32	0,21	0,23	0,27
50	0,28	0,27	0,26	0,25	0,25
55	0,27	0,23	0,22	0,25	0,25
60	0,25	0,23	0,20	0,26	0,21
65	0,27	0,29	0,25	0,26	0,28
70	0,28	0,26	0,28	0,26	0,24
75	0,25	0,25	0,22	0,25	0,25
80	0,26	0,26	0,28	0,25	0,25
85	0,32	0,27	0,26	0,28	0,27

Zustand 3
 Normalbetrieb Zuluft-Kastenfenster;
 mit Randbedämpfung
 (Tabelle 6.10, Nr. 1)

Abluftanlage: Schalterstellung 1

Messdatum: 16.11.2011

Messzeit: 13:21:54 bis 13:36:44

Geschwindigkeit: 0,32 m/s (arithmetischer Mittelwert)

Luftwechselrate: 0,8 h⁻¹

Volumenstrom: 14,9 m³/h

Tabelle: 90 Einzelgeschwindigkeitswerte während der Messdauer

m/s	+ 1	+ 2	+ 3	+ 4	+ 5
0	0,56	0,40	0,41	0,38	0,52
5	0,44	0,41	0,43	0,26	0,27
10	0,12	0,29	0,32	0,20	0,05
15	0,29	0,39	0,49	0,39	0,11
20	0,26	0,41	0,62	0,37	0,44
25	0,29	0,07	0,21	0,11	0,08
30	0,04	0,08	0,17	0,29	0,41
35	0,48	0,60	0,49	0,04	0,21
40	0,41	0,30	0,13	0,01	0,29
45	0,32	0,09	0,42	0,42	0,48
50	0,58	0,23	0,43	0,40	0,45
55	0,38	0,47	0,38	0,02	0,12
60	0,50	0,32	0,58	0,56	0,18
65	0,08	0,00	0,31	0,17	0,35
70	0,20	0,29	0,27	0,31	0,08
75	0,28	0,27	0,37	0,33	0,20
80	0,33	0,37	0,37	0,39	0,39
85	0,43	0,49	0,53	0,36	0,39

Zustand 3
 Normalbetrieb Zuluft-Kastenfenster;
 mit Randbedämpfung
 (Tabelle 6.10, Nr. 2)

Abluftanlage: Schalterstellung 3

Messdatum: 16.11.2011

Messzeit: 13:48:40 bis 14:03:30

Geschwindigkeit: 0,36 m/s (arithmetischer Mittelwert)

Luftwechselrate: 0,9 h⁻¹

Volumenstrom: 16,7 m³/h

Tabelle: 90 Einzelgeschwindigkeitswerte während der Messdauer

m/s	+ 1	+ 2	+ 3	+ 4	+ 5
0	0,66	0,61	0,41	0,38	0,40
5	0,39	0,43	0,46	0,52	0,53
10	0,54	0,42	0,49	0,44	0,36
15	0,39	0,33	0,36	0,42	0,42
20	0,28	0,07	0,28	0,21	0,29
25	0,28	0,32	0,36	0,36	0,00
30	0,10	0,29	0,17	0,36	0,40
35	0,16	0,40	0,01	0,22	0,26
40	0,30	0,44	0,35	0,46	0,47
45	0,56	0,47	0,34	0,24	0,36
50	0,34	0,37	0,32	0,38	0,45
55	0,52	0,49	0,56	0,47	0,49
60	0,53	0,51	0,36	0,13	0,48
65	0,31	0,00	0,13	0,31	0,54
70	0,31	0,40	0,41	0,00	0,42
75	0,42	0,45	0,37	0,45	0,55
80	0,40	0,46	0,03	0,19	0,33
85	0,23	0,34	0,46	0,41	0,43

Zustand 3
Normalbetrieb Zuluft-Kastenfenster;
mit Randbedämpfung
(Tabelle 6.10, Nr. 3)

Abluftanlage: Schalterstellung 5

Messdatum: 16.11.2011

Messzeit: 14:17:12 bis 14:32:02

Geschwindigkeit: 0,37 m/s (arithmetischer Mittelwert)

Luftwechselrate: 0,9 h⁻¹

Volumenstrom: 17,2 m³/h

Tabelle: 90 Einzelgeschwindigkeitswerte während der Messdauer

m/s	+ 1	+ 2	+ 3	+ 4	+ 5
0	0,57	0,50	0,37	0,47	0,46
5	0,27	0,33	0,09	0,36	0,42
10	0,39	0,40	0,31	0,41	0,40
15	0,49	0,40	0,69	0,49	0,60
20	0,57	0,51	0,60	0,56	0,57
25	0,60	0,44	0,40	0,44	0,32
30	0,36	0,41	0,56	0,09	0,42
35	0,54	0,51	0,39	0,32	0,42
40	0,63	0,46	0,36	0,39	0,00
45	0,23	0,00	0,15	0,29	0,31
50	0,00	0,24	0,22	0,42	0,29
55	0,00	0,41	0,30	0,04	0,34
60	0,00	0,37	0,51	0,33	0,36
65	0,48	0,27	0,44	0,40	0,48
70	0,39	0,49	0,26	0,41	0,66
75	0,50	0,45	0,39	0,31	0,44
80	0,59	0,38	0,32	0,21	0,31
85	0,31	0,26	0,34	0,09	0,18

Zustand 3
 Normalbetrieb Zuluft-Kastenfenster;
 ohne Randbedämpfung
 (Tabelle 6.11, Nr. 1)

Blower-Door-Ventilator: Regelstufe 1

Messdatum: 22.11.2011

Messzeit: 10:49:51 bis 11:04:41

Geschwindigkeit: 0,33 m/s (arithmetischer Mittelwert)

Luftwechselrate: 0,8 h⁻¹

Volumenstrom: 15,3 m³/h

Tabelle: 90 Einzelgeschwindigkeitswerte während der Messdauer

m/s	+ 1	+ 2	+ 3	+ 4	+ 5
0	0,39	0,37	0,33	0,35	0,30
5	0,34	0,32	0,36	0,32	0,31
10	0,28	0,33	0,34	0,35	0,32
15	0,31	0,25	0,29	0,26	0,33
20	0,33	0,28	0,37	0,33	0,29
25	0,40	0,41	0,36	0,33	0,47
30	0,34	0,31	0,31	0,34	0,28
35	0,32	0,27	0,27	0,32	0,34
40	0,31	0,40	0,31	0,35	0,36
45	0,34	0,27	0,32	0,31	0,30
50	0,29	0,31	0,31	0,33	0,30
55	0,40	0,29	0,34	0,30	0,33
60	0,32	0,30	0,30	0,31	0,30
65	0,32	0,31	0,21	0,22	0,41
70	0,32	0,35	0,30	0,29	0,36
75	0,33	0,34	0,43	0,32	0,35
80	0,30	0,32	0,35	0,34	0,30
85	0,28	0,39	0,48	0,34	0,33

Zustand 3
 Normalbetrieb Zuluft-Kastenfenster;
 ohne Randbedämpfung
 (Tabelle 6.11, Nr. 2)

Blower-Door-Ventilator: Regelstufe 2

Messdatum: 22.11.2011

Messzeit: 13:07:09 bis 13:21:59

Geschwindigkeit: 0,40 m/s (arithmetischer Mittelwert)

Luftwechselrate: 1,0 h⁻¹

Volumenstrom: 18,6 m³/h

Tabelle: 90 Einzelgeschwindigkeitswerte während der Messdauer

m/s	+ 1	+ 2	+ 3	+ 4	+ 5
0	0,48	0,51	0,37	0,40	0,40
5	0,36	0,38	0,37	0,42	0,42
10	0,42	0,43	0,37	0,40	0,38
15	0,39	0,40	0,40	0,37	0,39
20	0,37	0,39	0,41	0,51	0,42
25	0,44	0,41	0,36	0,36	0,38
30	0,37	0,34	0,41	0,38	0,37
35	0,38	0,40	0,38	0,35	0,39
40	0,36	0,39	0,40	0,48	0,43
45	0,41	0,41	0,40	0,40	0,38
50	0,32	0,37	0,37	0,40	0,37
55	0,35	0,37	0,36	0,35	0,48
60	0,56	0,34	0,40	0,35	0,40
65	0,39	0,38	0,37	0,39	0,40
70	0,37	0,40	0,39	0,39	0,51
75	0,47	0,38	0,40	0,40	0,39
80	0,40	0,38	0,41	0,39	0,50
85	0,40	0,38	0,42	0,50	0,40

Zustand 3
 Normalbetrieb Zuluft-Kastenfenster;
 ohne Randbedämpfung
 (Tabelle 6.11, Nr. 3)

Blower-Door-Ventilator: Regelstufe 3

Messdatum: 22.11.2011

Messzeit: 13:26:55 bis 13:41:45

Geschwindigkeit: 0,49 m/s (arithmetischer Mittelwert)

Luftwechselrate: 1,2 h⁻¹

Volumenstrom: 22,8 m³/h

Tabelle: 90 Einzelgeschwindigkeitswerte während der Messdauer

m/s	+ 1	+ 2	+ 3	+ 4	+ 5
0	0,59	0,49	0,47	0,47	0,51
5	0,49	0,50	0,44	0,48	0,47
10	0,49	0,48	0,47	0,47	0,45
15	0,45	0,49	0,53	0,58	0,51
20	0,47	0,48	0,49	0,48	0,46
25	0,45	0,45	0,44	0,45	0,46
30	0,47	0,44	0,45	0,47	0,56
35	0,47	0,48	0,50	0,49	0,47
40	0,47	0,46	0,47	0,48	0,47
45	0,49	0,45	0,48	0,47	0,48
50	0,63	0,49	0,48	0,51	0,49
55	0,48	0,47	0,46	0,48	0,48
60	0,47	0,48	0,51	0,47	0,47
65	0,49	0,45	0,46	0,46	0,48
70	0,60	0,43	0,60	0,67	0,50
75	0,50	0,50	0,49	0,50	0,47
80	0,58	0,50	0,48	0,49	0,59
85	0,49	0,46	0,49	0,49	0,58

Zustand 3
Normalbetrieb Zuluft-Kastenfenster;
ohne Randbedämpfung
(Tabelle 6.11, Nr. 4)

Blower-Door-Ventilator: Regelstufe 4

Messdatum: 22.11.2011

Messzeit: 13:45:11 bis 14:00:01

Geschwindigkeit: 0,57 m/s (arithmetischer Mittelwert)

Luftwechselrate: 1,4 h⁻¹

Volumenstrom: 26,5 m³/h

Tabelle: 90 Einzelgeschwindigkeitswerte während der Messdauer

m/s	+ 1	+ 2	+ 3	+ 4	+ 5
0	0,67	0,66	0,56	0,57	0,58
5	0,56	0,57	0,54	0,56	0,56
10	0,58	0,55	0,55	0,56	0,56
15	0,55	0,53	0,58	0,56	0,71
20	0,61	0,58	0,61	0,56	0,56
25	0,58	0,57	0,55	0,56	0,56
30	0,57	0,52	0,51	0,57	0,65
35	0,52	0,54	0,55	0,58	0,53
40	0,55	0,50	0,51	0,55	0,55
45	0,52	0,57	0,56	0,55	0,68
50	0,56	0,57	0,56	0,57	0,56
55	0,54	0,56	0,58	0,56	0,54
60	0,54	0,54	0,56	0,57	0,71
65	0,73	0,56	0,57	0,60	0,57
70	0,48	0,57	0,55	1,28	0,53
75	0,55	0,53	0,52	0,65	0,57
80	0,57	0,59	0,57	0,56	0,55
85	0,55	0,54	0,55	0,55	0,52

Zustand 3
 Normalbetrieb Zuluft-Kastenfenster;
 ohne Randbedämpfung
 (Tabelle 6.11, Nr. 5)

Blower-Door-Ventilator: Regelstufe 5

Messdatum: 22.11.2011

Messzeit: 14:03:20 bis 14:18:10

Geschwindigkeit: 0,60 m/s (arithmetischer Mittelwert)

Luftwechselrate: 1,5 h⁻¹

Volumenstrom: 27,9 m³/h

Tabelle: 90 Einzelgeschwindigkeitswerte während der Messdauer

m/s	+ 1	+ 2	+ 3	+ 4	+ 5
0	0,74	0,55	0,63	0,64	0,60
5	0,59	0,60	0,55	0,60	0,60
10	0,59	0,61	0,59	0,62	0,59
15	0,63	0,55	0,58	0,59	0,56
20	0,60	0,58	0,62	0,61	0,60
25	0,56	0,80	0,59	0,60	0,62
30	0,58	0,58	0,59	0,54	0,57
35	0,59	0,55	0,61	0,62	0,60
40	0,60	0,58	0,62	0,60	0,60
45	0,62	0,56	0,57	0,55	0,60
50	0,57	0,57	0,59	0,60	0,52
55	0,60	0,76	0,59	0,62	0,61
60	0,59	0,61	0,60	0,60	0,62
65	0,56	0,59	0,62	0,60	0,61
70	0,62	0,57	0,55	0,73	0,58
75	0,64	0,63	0,60	0,62	0,60
80	0,61	0,60	0,56	0,57	0,61
85	0,57	0,55	0,56	0,59	0,57

Zustand 3
Normalbetrieb Zuluft-Kastenfenster;
ohne Randbedämpfung
(Tabelle 6.11, Nr. 6)

Blower-Door-Ventilator: Regelstufe 6

Messdatum: 22.11.2011

Messzeit: 14:25:01 bis 14:39:51

Geschwindigkeit: 0,64 m/s (arithmetischer Mittelwert)

Luftwechselrate: 1,6 h⁻¹

Volumenstrom: 29,7 m³/h

Tabelle: 90 Einzelgeschwindigkeitswerte während der Messdauer

m/s	+ 1	+ 2	+ 3	+ 4	+ 5
0	0,74	0,76	0,63	0,66	0,63
5	0,63	0,63	0,63	0,63	0,60
10	0,63	0,60	0,59	0,63	0,60
15	0,62	0,65	0,63	0,39	0,86
20	0,65	0,65	0,65	0,67	0,64
25	0,66	0,64	0,61	0,64	0,64
30	0,63	0,65	0,64	0,74	0,67
35	0,65	0,61	0,62	0,60	0,58
40	0,62	0,62	0,63	0,61	0,63
45	0,65	0,61	0,78	0,64	0,63
50	0,62	0,64	0,61	0,64	0,63
55	0,64	0,61	0,62	0,63	0,63
60	0,61	0,62	0,64	0,77	0,62
65	0,63	0,67	0,62	0,61	0,62
70	0,62	0,61	0,67	0,64	0,76
75	0,65	0,66	0,63	0,78	0,61
80	0,65	0,61	0,61	0,64	0,65
85	0,64	0,64	0,64	0,63	0,79

Zustand 3
Normalbetrieb Zuluft-Kastenfenster;
ohne Randbedämpfung
(Tabelle 6.11, Nr. 7)

Blower-Door-Ventilator: Regelstufe 7

Messdatum: 22.11.2011

Messzeit: 14:43:25 bis 14:58:15

Geschwindigkeit: 0,71 m/s (arithmetischer Mittelwert)

Luftwechselrate: 1,7 h⁻¹

Volumenstrom: 33,0 m³/h

Tabelle: 90 Einzelgeschwindigkeitswerte während der Messdauer

m/s	+ 1	+ 2	+ 3	+ 4	+ 5
0	0,83	0,87	1,01	0,74	0,71
5	0,72	0,72	0,72	0,71	0,74
10	0,71	0,72	0,68	0,74	0,69
15	0,67	0,68	0,69	0,66	0,66
20	0,89	0,74	0,72	0,69	0,68
25	0,64	0,65	0,62	0,67	0,66
30	0,69	0,67	0,65	0,83	0,96
35	0,67	0,70	0,69	0,66	0,69
40	0,66	0,65	0,67	0,65	0,66
45	0,64	0,67	0,68	0,86	0,91
50	0,74	0,71	0,69	0,69	0,66
55	0,69	0,68	0,67	0,66	0,65
60	0,61	0,67	0,72	0,65	0,88
65	0,85	0,74	0,71	0,68	0,74
70	0,68	0,67	0,68	0,72	0,70
75	0,69	0,28	0,70	0,73	0,69
80	0,76	0,72	0,71	0,72	0,73
85	0,74	0,72	0,71	0,69	0,83

Zustand 3
Normalbetrieb Zuluft-Kastenfenster;
ohne Randbedämpfung
(Tabelle 6.11, Nr. 8)

Blower-Door-Ventilator: Regelstufe 8

Messdatum: 22.11.2011

Messzeit: 15:01:12 bis 15:16:02

Geschwindigkeit: 0,77 m/s (arithmetischer Mittelwert)

Luftwechselrate: 1,9 h⁻¹

Volumenstrom: 35,8 m³/h

Tabelle: 90 Einzelgeschwindigkeitswerte während der Messdauer

m/s	+ 1	+ 2	+ 3	+ 4	+ 5
0	0,91	0,77	0,76	0,76	0,74
5	0,76	0,76	0,73	0,71	0,72
10	0,69	0,72	0,75	0,75	0,72
15	0,73	0,72	0,76	0,91	0,78
20	0,76	0,73	0,76	0,73	0,72
25	0,71	0,77	0,74	0,73	0,72
30	0,75	0,70	0,73	0,90	1,15
35	0,77	0,77	0,75	0,74	0,77
40	0,73	0,72	0,73	0,69	0,69
45	0,74	0,74	0,79	0,91	0,75
50	0,75	0,74	0,76	0,88	0,72
55	0,71	0,77	0,72	0,74	0,75
60	0,74	0,76	0,68	0,95	0,74
65	0,76	0,78	0,75	0,82	0,79
70	0,77	0,78	0,93	0,74	0,81
75	0,78	0,80	0,73	0,89	0,80
80	0,76	0,79	0,76	0,75	0,79
85	0,75	0,76	0,80	0,73	0,72

Zustand 3
Normalbetrieb Zuluft-Kastenfenster;
ohne Randbedämpfung
(Tabelle 6.11, Nr. 9)

Blower-Door-Ventilator: Regelstufe 9

Messdatum: 23.11.2011

Messzeit: 10:19:34 bis 10:34:24

Geschwindigkeit: 0,83 m/s (arithmetischer Mittelwert)

Luftwechselrate: 2,0 h⁻¹

Volumenstrom: 38,5 m³/h

Tabelle: 90 Einzelgeschwindigkeitswerte während der Messdauer

m/s	+ 1	+ 2	+ 3	+ 4	+ 5
0	0,94	0,79	0,83	0,77	0,81
5	0,82	0,81	0,78	0,76	0,77
10	0,76	0,78	0,81	0,79	0,78
15	0,79	0,76	0,78	0,76	0,77
20	0,78	0,66	0,82	0,85	0,81
25	0,81	0,80	0,78	0,81	0,78
30	0,73	0,75	0,76	0,77	0,75
35	0,81	0,86	0,81	0,76	0,81
40	0,79	0,78	0,81	0,81	0,78
45	0,79	0,81	0,83	0,76	0,99
50	0,99	0,84	0,85	0,82	0,78
55	0,83	0,79	0,80	0,81	0,81
60	0,78	0,81	0,83	0,85	0,98
65	1,01	0,82	0,76	0,83	0,82
70	0,78	0,80	1,05	0,82	0,82
75	1,00	0,79	0,78	0,81	0,98
80	0,99	1,01	0,99	0,86	0,80
85	0,82	0,84	1,02	1,02	0,99

Zustand 3
 Normalbetrieb Zuluft-Kastenfenster;
 ohne Randbedämpfung
 (Tabelle 6.11, Nr. 10)

Blower-Door-Ventilator: Regelstufe 10

Messdatum: 23.11.2011

Messzeit: 10:37:40 bis 10:52:30

Geschwindigkeit: 1,01 m/s (arithmetischer Mittelwert)

Luftwechselrate: 2,5 h⁻¹

Volumenstrom: 46,9 m³/h

Tabelle: 90 Einzelgeschwindigkeitswerte während der Messdauer

m/s	+ 1	+ 2	+ 3	+ 4	+ 5
0	1,14	1,04	1,02	1,00	1,01
5	0,96	0,95	0,96	0,96	0,94
10	0,95	0,92	0,98	0,93	1,04
15	1,01	1,17	0,97	0,99	1,03
20	0,96	0,99	0,98	1,00	0,97
25	1,02	0,94	1,01	1,00	0,99
30	1,14	1,21	1,03	0,99	1,02
35	0,99	1,04	0,98	0,97	1,00
40	0,96	0,97	0,95	0,96	0,94
45	1,00	1,14	1,05	1,01	1,05
50	0,97	1,00	0,95	1,01	0,97
55	0,99	1,03	1,03	1,00	1,03
60	1,21	1,01	1,01	1,00	0,99
65	1,01	0,99	1,14	0,98	1,00
70	0,97	1,14	1,21	1,02	1,00
75	1,00	0,99	1,05	1,00	0,98
80	0,96	0,98	0,99	1,02	0,98
85	1,19	0,97	0,99	1,12	1,13

Zustand 3
 Normalbetrieb Zuluft-Kastenfenster;
 ohne Randbedämpfung
 (Tabelle 6.11, Nr. 11)

Blower-Door-Ventilator: Regelstufe 11

Messdatum: 23.11.2011

Messzeit: 13:25:17 bis 13:40:07

Geschwindigkeit: 1,26 m/s (arithmetischer Mittelwert)

Luftwechselrate: 3,1 h⁻¹

Volumenstrom: 58,5 m³/h

Tabelle: 90 Einzelgeschwindigkeitswerte während der Messdauer

m/s	+ 1	+ 2	+ 3	+ 4	+ 5
0	1,35	1,19	1,24	1,24	1,19
5	1,23	1,20	1,23	1,21	1,22
10	1,21	1,23	1,23	1,23	1,18
15	1,24	1,18	1,15	1,20	1,28
20	1,22	1,23	1,24	1,17	1,44
25	1,21	1,26	1,28	1,23	1,27
30	1,24	1,24	1,27	1,23	1,23
35	1,24	1,20	1,23	1,26	1,50
40	1,48	1,30	1,32	1,25	1,25
45	1,26	1,27	1,28	1,23	1,25
50	1,26	1,23	1,19	1,26	1,27
55	1,18	1,21	1,21	1,47	1,23
60	1,24	1,27	1,25	1,19	1,25
65	1,21	1,22	1,22	1,25	1,25
70	1,30	1,12	1,34	1,45	1,56
75	1,28	1,26	1,31	1,22	1,26
80	1,28	1,25	1,23	1,23	1,42
85	1,23	1,25	1,26	1,42	1,25

Zustand 3
 Normalbetrieb Zuluft-Kastenfenster;
 ohne Randbedämpfung
 (Tabelle 6.11, Nr. 12)

Blower-Door-Ventilator: Regelstufe 12

Messdatum: 23.11.2011

Messzeit: 13:45:26 bis 13:58:56

Geschwindigkeit: m/s (arithmetischer Mittelwert)

Luftwechselrate: h⁻¹

Volumenstrom: m³/h

Tabelle: 82 Einzelgeschwindigkeitswerte während der Messdauer

m/s	+ 1	+ 2	+ 3	+ 4	+ 5
0	1,70	1,51	1,50	1,50	1,51
5	1,52	1,54	1,53	1,50	1,47
10	1,49	1,52	1,52	1,52	1,51
15	1,50	1,0	1,45	1,54	1,83
20	1,45	1,53	1,52	1,52	1,48
25	1,57	1,49	1,54	1,50	1,56
30	1,45	1,48	1,46	1,55	1,80
35	1,89	1,52	1,53	1,41	1,43
40	1,48	1,56	1,52	1,47	1,58
45	1,45	1,50	1,47	1,79	1,87
50	1,46	1,58	1,53	1,39	1,57
55	1,51	1,46	1,43	1,49	1,46
60	1,50	1,46	1,47	1,78	1,53
65	1,47	1,47	1,47	1,44	1,51
70	1,49	1,57	1,47	1,73	1,48
75	1,46	1,50	1,71	1,52	1,47
80	1,46	1,45			

Zustand 3
 Normalbetrieb Zuluft-Kastenfenster;
 mit Randbedämpfung
 (Tabelle 6.12, Nr. 1)

Blower-Door-Ventilator: Regelstufe 1

Messdatum: 19.11.2011

Messzeit: 13:19:57 bis 13:34:47

Geschwindigkeit: 0,48 m/s (arithmetischer Mittelwert)

Luftwechselrate: 1,2 h⁻¹

Volumenstrom: 22,3 m³/h

Tabelle: 90 Einzelgeschwindigkeitswerte während der Messdauer

m/s	+ 1	+ 2	+ 3	+ 4	+ 5
0	0,60	0,0	0,49	0,49	0,45
5	0,49	0,53	0,48	0,44	0,47
10	0,47	0,51	0,45	0,49	0,55
15	0,42	0,40	0,69	0,54	0,36
20	0,59	0,43	0,47	0,41	0,48
25	0,50	0,49	0,52	0,48	0,48
30	0,47	0,49	0,48	0,46	0,48
35	0,50	0,50	0,49	0,49	0,46
40	0,46	0,46	0,61	0,49	0,51
45	0,52	0,48	0,48	0,16	0,48
50	0,45	0,49	0,50	0,49	0,49
55	0,48	0,46	0,44	0,51	0,60
60	0,64	0,49	0,48	0,47	0,51
65	0,50	0,35	0,36	0,36	0,37
70	0,37	0,15	0,50	0,49	0,62
75	0,38	0,50	0,48	0,50	0,50
80	0,46	0,48	0,49	0,48	0,47
85	0,49	0,50	0,62	0,45	0,48

Zustand 3
Normalbetrieb Zuluft-Kastenfenster;
mit Randbedämpfung
(Tabelle 6.12, Nr. 2)

Blower-Door-Ventilator: Regelstufe 2

Messdatum: 19.11.2011

Messzeit: 13:50:25 bis 14:05:15

Geschwindigkeit: 0,56 m/s (arithmetischer Mittelwert)

Luftwechselrate: 1,4 h⁻¹

Volumenstrom: 26,0 m³/h

Tabelle: 90 Einzelgeschwindigkeitswerte während der Messdauer

m/s	+ 1	+ 2	+ 3	+ 4	+ 5
0	0,56	0,88	0,59	0,59	0,58
5	0,58	0,59	0,54	0,55	0,61
10	0,56	0,56	0,58	0,62	0,53
15	0,54	0,56	0,63	0,60	0,72
20	0,59	0,58	0,57	0,60	0,60
25	0,51	0,50	0,47	0,47	0,51
30	0,44	0,20	0,46	0,66	0,51
35	0,53	0,50	0,61	0,60	0,53
40	0,52	0,49	0,44	0,48	0,49
45	0,47	0,55	0,66	0,54	0,53
50	0,58	0,53	0,56	0,54	0,54
55	0,52	0,53	0,55	0,55	0,50
60	0,51	0,53	0,64	0,84	0,59
65	0,59	0,58	0,57	0,58	0,54
70	0,58	0,52	0,58	0,66	0,53
75	0,55	0,54	0,52	0,71	0,58
80	0,60	0,59	0,55	0,55	0,56
85	0,56	0,60	0,57	0,56	0,62

Zustand 3
Normalbetrieb Zuluft-Kastenfenster;
mit Randbedämpfung
(Tabelle 6.12, Nr. 3)

Blower-Door-Ventilator: Regelstufe 3

Messdatum: 19.11.2011

Messzeit: 14:15:26 bis 14:30:16

Geschwindigkeit: 0,67 m/s (arithmetischer Mittelwert)

Luftwechselrate: 1,6 h⁻¹

Volumenstrom: 31,1 m³/h

Tabelle: 90 Einzelgeschwindigkeitswerte während der Messdauer

m/s	+ 1	+ 2	+ 3	+ 4	+ 5
0	0,69	0,94	0,69	0,71	0,71
5	0,70	0,72	0,71	0,70	0,66
10	0,44	0,41	0,40	0,41	0,39
15	0,54	0,95	0,71	0,88	0,94
20	0,73	0,73	0,72	0,69	0,68
25	0,62	0,64	0,63	0,62	0,62
30	0,60	0,69	0,69	0,68	0,69
35	0,87	0,81	0,74	0,71	0,72
40	0,55	0,68	0,69	0,68	0,67
45	0,69	0,68	0,72	0,71	0,64
50	0,85	0,71	0,72	0,75	0,71
55	0,41	0,36	0,39	0,38	0,40
60	0,38	0,44	0,66	0,64	0,86
65	0,72	0,73	0,72	0,70	0,73
70	0,71	0,69	0,67	0,82	0,71
75	0,72	0,70	0,90	0,70	0,70
80	0,73	0,72	0,74	0,71	0,69
85	0,70	0,72	0,72	0,74	0,72

Zustand 3
Normalbetrieb Zuluft-Kastenfenster;
mit Randbedämpfung
(Tabelle 6.12, Nr. 4)

Blower-Door-Ventilator: Regelstufe 4

Messdatum: 19.11.2011

Messzeit: 14:35:24 bis 14:50:14

Geschwindigkeit: 0,82 m/s (arithmetischer Mittelwert)

Luftwechselrate: 2,0 h⁻¹

Volumenstrom: 38,1 m³/h

Tabelle: 90 Einzelgeschwindigkeitswerte während der Messdauer

m/s	+ 1	+ 2	+ 3	+ 4	+ 5
0	0,86	1,12	0,88	0,82	0,86
5	0,87	0,86	0,86	0,84	0,82
10	0,85	0,80	0,73	0,77	0,79
15	0,80	0,79	0,83	0,81	0,80
20	0,83	1,01	0,84	0,79	0,80
25	0,83	0,82	0,75	0,75	0,72
30	0,79	0,78	0,83	0,83	0,83
35	0,82	0,81	0,79	0,82	0,81
40	0,74	0,81	0,41	0,38	0,19
45	0,38	0,93	0,76	1,01	1,10
50	0,84	0,80	0,83	0,83	0,68
55	0,76	0,77	0,78	0,77	0,80
60	0,81	0,75	0,84	1,02	0,79
65	0,82	0,85	0,84	0,82	0,84
70	0,85	0,80	0,86	1,06	0,76
75	0,86	0,84	1,02	0,85	0,87
80	0,81	1,03	1,03	0,77	0,85
85	0,85	0,82	0,83	0,83	0,81

Zustand 3
 Normalbetrieb Zuluft-Kastenfenster;
 mit Randbedämpfung
 (Tabelle 6.12, Nr. 5)

Blower-Door-Ventilator: Regelstufe 5

Messdatum: 19.11.2011

Messzeit: 14:56:19 bis 15:11:09

Geschwindigkeit: 0,97 m/s (arithmetischer Mittelwert)

Luftwechselrate: 2,4 h⁻¹

Volumenstrom: 45,0 m³/h

Tabelle: 90 Einzelgeschwindigkeitswerte während der Messdauer

m/s	+ 1	+ 2	+ 3	+ 4	+ 5
0	0,99	1,16	0,97	0,97	0,98
5	1,01	0,99	0,98	0,97	0,98
10	0,98	0,94	0,94	0,93	0,87
15	0,91	0,92	0,93	0,98	1,11
20	1,00	0,99	0,99	0,96	0,95
25	0,95	0,88	0,94	0,96	0,96
30	0,96	0,95	0,97	1,17	0,95
35	1,00	0,98	0,93	0,97	0,90
40	0,86	0,92	0,92	0,92	0,85
45	1,05	0,98	1,12	1,16	0,97
50	0,99	1,01	1,01	0,95	0,99
55	0,92	0,89	0,91	0,86	0,90
60	0,90	0,96	0,99	0,94	1,17
65	0,84	1,00	0,98	0,99	0,95
70	0,98	0,94	0,99	1,17	0,92
75	0,95	0,95	0,97	0,98	1,01
80	0,93	1,15	0,92	0,97	1,00
85	1,01	1,00	1,01	0,98	0,95

Zustand 3
 Normalbetrieb Zuluft-Kastenfenster;
 mit Randbedämpfung
 (Tabelle 6.12, Nr. 6)

Blower-Door-Ventilator: Regelstufe 6

Messdatum: 20.11.2011

Messzeit: 10:40:24 bis 10:55:14

Geschwindigkeit: 1,10 m/s (arithmetischer Mittelwert)

Luftwechselrate: 2,7 h⁻¹

Volumenstrom: 51,1 m³/h

Tabelle: 90 Einzelgeschwindigkeitswerte während der Messdauer

m/s	+ 1	+ 2	+ 3	+ 4	+ 5
0	1,26	1,25	1,33	1,07	1,13
5	1,11	1,08	1,05	1,05	1,04
10	1,04	1,05	1,00	0,91	1,03
15	1,01	0,98	1,21	1,37	0,97
20	1,12	1,05	1,02	1,02	1,06
25	1,08	1,03	1,07	1,06	1,09
30	1,08	1,16	1,25	1,08	1,11
35	1,13	1,07	1,10	1,11	1,08
40	1,07	1,08	1,03	1,09	1,08
45	1,09	1,07	1,30	1,32	1,08
50	1,10	0,99	1,04	1,10	1,09
55	1,05	1,01	1,09	1,06	1,03
60	1,10	1,09	1,31	1,11	1,04
65	1,12	1,11	1,12	1,04	1,10
70	1,26	1,03	1,13	1,07	1,23
75	1,10	1,06	1,10	1,07	1,14
80	1,27	1,12	1,12	1,12	1,08
85	1,10	1,09	1,08	1,06	1,02

Zustand 3
 Normalbetrieb Zuluft-Kastenfenster;
 mit Randbedämpfung
 (Tabelle 6.12, Nr. 7)

Blower-Door-Ventilator: Regelstufe 7

Messdatum: 20.11.2011

Messzeit: 11:01:28 bis 11:16:18

Geschwindigkeit: 1,27 m/s (arithmetischer Mittelwert)

Luftwechselrate: 3,1 h⁻¹

Volumenstrom: 59,0 m³/h

Tabelle: 90 Einzelgeschwindigkeitswerte während der Messdauer

m/s	+ 1	+ 2	+ 3	+ 4	+ 5
0	1,39	1,45	1,26	1,23	1,26
5	1,31	1,22	1,27	1,22	1,25
10	1,22	1,26	1,23	1,27	1,29
15	1,54	1,57	1,31	1,31	1,28
20	1,25	1,22	1,23	1,24	1,28
25	1,21	1,17	1,23	1,22	1,39
30	1,23	1,28	1,26	1,28	1,26
35	1,20	1,18	1,17	1,24	1,20
40	1,22	1,25	1,26	1,47	1,33
45	1,21	1,19	1,23	1,26	1,22
50	1,20	1,24	1,22	1,22	1,21
55	1,24	1,22	1,50	1,26	1,25
60	1,23	1,28	1,23	1,26	1,25
65	1,36	1,49	1,21	1,24	1,24
70	1,46	1,20	1,26	1,27	1,28
75	1,26	1,14	1,25	1,26	1,25
80	1,27	1,23	1,24	1,23	1,28
85	1,27	1,25	1,21	1,22	1,21

Zustand 3
 Normalbetrieb Zuluft-Kastenfenster;
 mit Randbedämpfung
 (Tabelle 6.12, Nr. 8)

Blower-Door-Ventilator: Regelstufe 8

Messdatum: 20.11.2011

Messzeit: 13:16:50 bis 13:31:40

Geschwindigkeit: 1,30 m/s (arithmetischer Mittelwert)

Luftwechselrate: 3,2 h⁻¹

Volumenstrom: 60,4 m³/h

Tabelle: 90 Einzelgeschwindigkeitswerte während der Messdauer

m/s	+ 1	+ 2	+ 3	+ 4	+ 5
0	1,52	1,23	1,32	1,33	1,26
5	1,32	1,35	1,32	1,23	1,22
10	1,19	1,26	1,26	1,22	1,26
15	1,25	1,24	1,24	1,20	1,25
20	1,46	1,25	1,30	1,27	1,32
25	1,30	1,30	1,29	1,30	1,29
30	1,29	1,30	1,30	1,30	1,31
35	1,56	1,55	1,28	1,29	1,29
40	1,27	1,25	1,22	1,25	1,27
45	1,27	1,28	1,27	1,25	1,26
50	1,19	1,54	1,28	1,26	1,30
55	1,29	1,29	1,30	1,31	1,25
60	1,26	1,23	1,31	1,27	1,28
65	1,31	1,53	1,55	1,21	1,30
70	1,29	1,29	1,30	1,31	1,29
75	1,30	1,49	1,25	1,28	1,28
80	1,29	1,82	1,24	1,27	1,28
85	1,24	1,27	1,29	1,26	1,25

Zustand 3
Normalbetrieb Zuluft-Kastenfenster;
mit Randbedämpfung
(Tabelle 6.12, Nr. 9)

Blower-Door-Ventilator: Regelstufe 9

Messdatum: 20.11.2011

Messzeit: 13:38:50 bis 13:53:40

Geschwindigkeit: 1,43 m/s (arithmetischer Mittelwert)

Luftwechselrate: 3,5 h⁻¹

Volumenstrom: 66,4 m³/h

Tabelle: 90 Einzelgeschwindigkeitswerte während der Messdauer

m/s	+ 1	+ 2	+ 3	+ 4	+ 5
0	1,66	1,42	1,42	1,46	1,44
5	1,41	1,45	1,32	1,40	1,38
10	1,39	1,37	1,36	1,36	1,39
15	1,38	1,40	1,41	1,66	1,81
20	1,41	1,41	1,38	1,41	1,39
25	1,37	1,35	1,35	1,34	1,35
30	1,28	1,32	1,41	1,38	1,66
35	1,64	1,34	1,40	1,34	1,33
40	1,47	1,28	1,32	1,33	1,31
45	1,37	1,37	1,40	1,39	1,38
50	1,69	1,89	1,43	1,44	1,37
55	1,46	1,40	1,38	1,40	1,40
60	1,37	1,42	1,42	1,34	1,41
65	1,63	1,64	1,43	1,43	1,44
70	1,41	1,41	1,40	1,45	1,45
75	1,45	1,34	1,65	1,46	1,45
80	1,42	1,67	1,46	1,33	1,43
85	1,47	1,34	1,49	1,47	1,48

Zustand 3
 Normalbetrieb Zuluft-Kastenfenster;
 mit Randbedämpfung
 (Tabelle 6.12, Nr. 10)

Blower-Door-Ventilator: Regelstufe 10

Messdatum: 20.11.2011

Messzeit: 14:05:44 bis 14:20:34

Geschwindigkeit: 1,78 m/s (arithmetischer Mittelwert)

Luftwechselrate: 4,3 h⁻¹

Volumenstrom: 82,7 m³/h

Tabelle: 90 Einzelgeschwindigkeitswerte während der Messdauer

m/s	+ 1	+ 2	+ 3	+ 4	+ 5
0	2,06	2,09	1,73	1,78	1,76
5	1,75	1,76	1,76	1,68	1,75
10	1,72	1,71	1,75	1,73	1,77
15	1,77	2,03	2,08	1,72	1,74
20	1,71	1,76	1,75	1,74	1,76
25	1,74	1,79	1,73	1,72	1,72
30	1,71	2,09	2,19	1,79	1,80
35	1,74	1,74	1,79	1,75	1,74
40	1,70	1,77	1,71	1,66	1,76
45	1,70	2,08	2,13	1,63	1,76
50	1,72	1,74	1,75	1,76	1,73
55	2,08	1,74	1,72	1,76	2,05
60	1,79	1,73	1,76	1,79	1,74
65	1,77	1,77	1,76	1,75	1,76
70	1,76	1,78	1,79	1,71	1,73
75	1,76	1,75	1,78	1,76	1,73
80	1,73	1,72	1,74	1,78	1,74
85	1,74	1,76	1,77	1,78	1,78

Zustand 3
 Normalbetrieb Zuluft-Kastenfenster;
 mit Randbedämpfung
 (Tabelle 6.12, Nr. 11)

Blower-Door-Ventilator: Regelstufe 11

Messdatum: 20.11.2011

Messzeit: 14:24:29 bis 14:39:19

Geschwindigkeit: 2,12 m/s (arithmetischer Mittelwert)

Luftwechselrate: 5,1 h⁻¹

Volumenstrom: 98,5 m³/h

Tabelle: 90 Einzelgeschwindigkeitswerte während der Messdauer

m/s	+ 1	+ 2	+ 3	+ 4	+ 5
0	1,89	2,43	2,07	2,07	2,01
5	2,15	2,12	2,14	2,07	2,13
10	2,07	2,05	2,12	2,10	2,14
15	2,18	2,20	2,14	2,51	2,47
20	2,11	2,23	2,09	2,09	2,07
25	2,10	2,08	2,07	2,08	2,08
30	2,10	2,08	2,03	2,03	2,07
35	2,39	2,45	2,05	2,06	2,07
40	2,01	2,07	2,05	2,06	2,03
45	2,07	2,06	2,07	2,06	2,02
50	2,08	2,40	2,23	2,06	2,03
55	2,09	2,08	1,96	2,08	2,10
60	2,00	2,05	2,03	2,07	2,11
65	2,05	2,43	2,45	2,08	2,10
70	2,02	2,08	2,06	2,09	2,11
75	1,99	2,34	1,97	2,08	2,13
80	1,99	2,39	2,09	2,06	2,08
85	2,14	2,43	2,07	2,45	2,09

Zustand 3
 Normalbetrieb Zuluft-Kastenfenster;
 mit Randbedämpfung
 (Tabelle 6.12, Nr. 12)

Blower-Door-Ventilator: Regelstufe 12

Messdatum: 20.11.2011

Messzeit: 14:45:51 bis 15:00:41

Geschwindigkeit: 2,47 m/s (arithmetischer Mittelwert)

Luftwechselrate: 6,0 h⁻¹

Volumenstrom: 114,7 m³/h

Tabelle: 90 Einzelgeschwindigkeitswerte während der Messdauer

m/s	+ 1	+ 2	+ 3	+ 4	+ 5
0	2,90	2,59	2,60	2,48	2,53
5	2,50	2,51	2,53	2,52	2,39
10	2,45	2,50	2,46	2,39	2,45
15	2,43	2,49	2,48	2,90	2,41
20	2,47	2,39	2,39	2,48	2,43
25	2,43	2,44	2,41	2,42	2,46
30	2,44	2,43	2,85	2,36	2,42
35	2,39	2,38	2,41	2,45	2,44
40	2,42	2,42	2,43	2,43	2,45
45	2,37	2,40	2,79	2,81	2,40
50	2,48	2,45	2,44	2,39	2,40
55	2,40	2,37	2,38	2,42	2,40
60	2,44	2,39	2,46	2,84	2,40
65	2,47	2,42	2,46	2,43	2,41
70	2,48	2,45	2,47	2,15	2,45
75	2,40	2,43	2,83	2,49	2,48
80	2,44	2,41	2,46	2,45	2,45
85	2,48	2,48	2,34	2,42	2,46

Selbstständigkeitserklärung

Hiermit erkläre ich, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig und nur unter Verwendung der angegebenen Literatur und Hilfsmittel angefertigt habe.

Stellen, die wörtlich oder sinngemäß aus Quellen entnommen wurden, sind als solche kenntlich gemacht.

Diese Arbeit wurde in gleicher oder ähnlicher Form noch keiner anderen Prüfungsbehörde vorgelegt.

Mittweida, den 24.02.2012

Steffi Reinhold